

# **Avaliação do desempenho técnico de coberturas verdes**

**Filipe Almeida Lopes**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Militar**

Orientadores:

Professora Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Tenente-Coronel de Engenharia Carlos Alberto Rocha Afonso

**Júri**

Presidente: Professor Doutor João Pedro Ramôa Ribeiro Correia

Orientador: Professora Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Vogal: Professora Doutora Inês dos Santos Flores Barbosa Colen

Outubro de 2016











## Agradecimentos

A todos aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram para chegar a este patamar, e que contribuíram para a realização deste trabalho.

À Senhora Professora Cristina Matos Silva, pela sua contribuição, apoio incondicional durante a realização do mesmo e por me ter concedido a realização desta dissertação.

À Senhora Engenharia Angelina Brazão, da empresa VhM, por ter possibilitado a realização de diversas visitas ao caso de estudo, bem como, o apoio e o fornecimento de informação para a realização do caso de estudo.

Ao Banco Santander Totta e ao Senhor Engenheiro António Luís Gloria Albino por terem permitido realizar um caso de estudo sobre a Expansão do Centro Santander Totta.

À Senhora Arquitecta Paisagista Marisa Dias pela explicação acerca das diversas plantas e escolhas que se deverá fazer para que a cobertura tenha a durabilidade expectável sem ocorrer problemas a nível das plantas ou arbustos colocados.

Ao Tenente-Coronel Rocha Afonso por ter contribuído de diversas formas para que a realização desta etapa tenha sido possível.

Aos meus pais, Carlos Lopes e Isabel Lopes, e irmão, Daniel Lopes, pela esperança que depositaram em mim, pelo apoio constante e pelo interesse que tomaram por forma a contribuir naquilo que pudessem.

À Elsa, pela constante paciência, interesse, apoio e motivação que sempre me transmitiu. Por todas as vezes que tornou dificuldades em facilidades e pelo carinho dado ao longo deste tempo.

Obrigado ao Exército Português, à Academia Militar e ao meu curso.

## **Resumo**

Um dos métodos de contribuição para a diminuição dos efeitos nocivos desta enorme exploração passa por interligar o meio urbano com meio ambiente. A construção de coberturas verdes pode trazer benefícios que deverão ser explorados por forma a melhorar as condições atuais. As coberturas verdes são um bom elemento construtivo para promover a diminuição do pico de cheia, os efeitos de ilha de calor, diminuição do teor de CO<sub>2</sub> no planeta e a regeneração de habitats naturais, entre outros.

Deste modo torna-se necessário avaliar a normalização deste género de cobertura e verificar quais as condições necessárias para se poder afirmar que a elas terão a qualidade desejada, bem como o desempenho técnico pretendido para o tipo de edifício que se projetam (novos ou reabilitados). Este trabalho tem como o objetivo a avaliação do desempenho dos diferentes produtos adotados em coberturas verdes através do confronto entre as exigências dos principais guias técnicos e normas internacionais, FLL e NTJ e as características dos produtos disponíveis no mercado.

Com base num levantamento de mercado, pretendeu-se identificar quais os pontos mais criteriosos que se deverá ter em atenção a quando da seleção de um produto do sistema multicamada de uma cobertura verde.

Através da realização de um caso de estudo foi possível verificar a importância da certificação bem como a aplicação dos guias técnicos e normas em vigor. Foi realizado uma análise de mercado por parte da fiscalização de obra por forma a obter a melhor proposta e os melhores requisitos a nível dos materiais a aplicar na obra.

## **Palavras-chave:**

Coberturas verdes, desempenho técnico, normalização, levantamento de mercado, sistema multicamada.

## **Abstract**

The necessity to guaranty the sustainability of the planet represents, nowadays, a big concern for all. Over the last years, the number of studies about sustainability has increased. Since June of 1972, where the first conference about environmental sustainability took place, a number of measures and sanctions where implemented on different countries. The massive exploration of resources and the poor regeneration of them, brought the necessity to take extra measures.

One of the contributions of the methods to reduce the harmful effects of this enormous exploration, is to link the urban environmental to the environment. The construction of green roofs can provide benefits that should be explored in order to improve current conditions. The green roofs are a good constructive element to promote the reduction of both flood peak and the effect of heat island, to reduce the CO<sub>2</sub> levels on the planet and to regenerated natural habitats, among others.

By saying that, it is necessary to evaluate the standardization of this kind of roofs and verify the necessary conditions to be able to say that the roof will have the quality and the technical performance required for the building in question (new or rehabilitated).

The aim of this work is to evaluate the performance of different products adopted in green roofs, confronting the requirements of major international standards, FLL and its variants, with the characteristics of the products available on the market.

The case of study, it was possible to verify the importance of the certification as well as the application of the technical guides and norm. A market analysis was carried out by the construction supervisor, in order to take the best proposal and the best material requirements to be applied to the building.

## **Keywords**

Green roofs, technical performance, standardization, market survey, multilayer system.



# Índice

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento geral .....	1
1.2	Objetivos do trabalho.....	2
1.3	Organização .....	2
2	Tecnologia, anomalias e desempenho de coberturas verdes.....	5
2.1	Considerações Iniciais.....	5
2.1.1	Evolução histórica .....	5
2.1.2	Tipologia de coberturas verdes .....	7
2.1.3	Benefícios e condicionalismos .....	8
2.1.4	Medidas de incentivo à construção de coberturas verdes .....	10
2.1.5	Caracterização do clima e exposição de casos de sucesso .....	12
2.2	Tecnologia de coberturas verdes .....	15
2.3	Tecnologia do sistema multicamada .....	18
2.3.1	Tipologia construtiva .....	19
2.3.2	Camada de suporte ou laje .....	21
2.3.3	Camada de forma .....	22
2.3.4	Camada de impermeabilização.....	22
2.3.5	Camada de proteção anti raízes .....	24
2.3.6	Isolamento térmico .....	24
2.3.7	Camada Drenante e Sistema de Drenagem .....	24
2.3.8	Camada Filtrante.....	26
2.3.9	Substrato .....	28
2.4	Anomalias .....	29
2.5	Desempenho das coberturas verdes.....	31
2.5.1	Cobertura extensiva .....	31
2.5.2	Cobertura semi-intensiva .....	33
2.5.3	Cobertura intensiva .....	35
2.6	Síntese do capítulo.....	36
3	Análise de mercado .....	39
3.1	Considerações iniciais.....	39
3.2	Levantamento de produtos disponíveis no mercado.....	39
3.3	Avaliação do desempenho .....	46
3.3.1	Camada de impermeabilização.....	46
3.3.2	Camada drenante .....	50
3.3.3	Camada filtrante.....	51
3.3.4	Produtos comerciais produzidos como um grupo (“kit”).....	53
3.4	Discussão de resultados .....	56
3.4.1	Camada de impermeabilização.....	56
3.4.2	Camada drenante .....	57



3.4.3	Camada filtrante .....	58
3.4.4	“Kits” ou produtos certificados por ETA .....	58
3.5	Síntese do capítulo .....	59
4	Caso de estudo .....	61
4.1	Considerações iniciais .....	61
4.2	Cobertura e pátios .....	64
4.2.1	Sistema de rega .....	67
4.2.2	Cuidados especiais construtivos por forma a reduzir as anomalias .....	67
4.2.3	Alterações .....	73
4.2.4	Sistemas adicionais .....	74
4.3	Manutenção e garantias .....	75
4.4	Conclusões do capítulo .....	76
5	Conclusão .....	79
	Referências Bibliográficas .....	81
	Referências web gráficas .....	84

## Índice de tabelas

Tabela 2.1-Comparação das vantagens e desvantagens em cidades e edifícios, (Shepard, 2010), (Salter, s.d.), (Seaverson, 2010), (National Park Service, s.d.), (City of Sidney, s.d.) .....	9
Tabela 2.2 - Principais características dos climas, onde existe predominância de implantação de coberturas verdes. (Geografia7, s.d.), (prof2000, s.d.) .....	13
Tabela 2.3 - Estudos e casos de sucesso da aplicação de coberturas verdes .....	14
Tabela 2.4 - Vantagens e desvantagens do método construtivo multicamadas e monocamada, (Coelho, 2014), (Miller, 2012), (Velazquez, 2003) .....	17
Tabela 2.5- Pressão exercida pelo diferente tipo de vegetação (Growing Green Guide, 2016) retirado na íntegra .....	22
Tabela 2.6- Classes de utilização dos geotêxteis (Fibertex, 2015).....	23
Tabela 2.8- Pré-requisitos de dimensionamento de uma cobertura do tipo extensiva .....	32
Tabela 2.9- Pré-requisitos de dimensionamento de uma cobertura do tipo Semi-Intensiva.....	33
Tabela 2.10- Pré-requisitos de dimensionamento de uma cobertura do tipo Intensiva .....	35
Tabela 3.1– Levantamento de produtos .....	39
Tabela 3.2– Camada de impermeabilização.....	47
Tabela 3.3- Camada drenante .....	50
Tabela 3.4- Camada Filtrante .....	51
Tabela 3.5 - Materiais da ETA13/0534, empresa OptiGreen (DIBt, 2013) .....	54
Tabela 3.6- ETA - 13/0557, empresa OptiGreen (DIBt (b), 2013) .....	55
Tabela 3.7 – ETA – 13/0668, da empresa Zinco (Zinco, 2015) .....	56
Tabela 4.1- Anomalias e prevenções em coberturas verdes na camada de suporte .....	68
Tabela 4.2 - Anomalias e prevenções em coberturas verdes na camada de impermeabilização .....	69
Tabela 4.3 - Anomalias e prevenção em coberturas verdes na camada drenante, camada filtrante e substrato.....	71
Tabela 4.4 - Anomalias e prevenção em coberturas verdes na camada drenante, camada filtrante e substrato.....	72
Tabela 4.5 - Comparação da entre os produtos definidos em projeto e a solução alternativa (VhM, 2016) .....	73
Tabela 4.6- ETAR Ecodepur BIOX VT 10, principais características (ECODEPUR, 2015).....	75

## Índice de Figuras

Figura 2.1- Antes de Cristo, Babilônia (W1).....	5
Figura 2.2- Época Medieval, Casa Viking (W2) .....	5
Figura 2.3— Jardins Suspensos da Babilônia (W3) .....	6
Figura 2.4- Casa Viking (W4).....	6
Figura 2.5- Século XX, Bosco Verticale .....	7

Figura 2.6- Esquema dos diversos tipos de cobertura (W5).....	7
Figura 2.7- Cidades Mundiais com incentivos à política de implementação de Coberturas verdes, adotado de (W6).....	12
Figura 2.8– Mapa mundo com a distribuição dos tipos de Climas (W7).....	13
Figura 2.9- Karner Blue (W8) .....	14
Figura 2.10- Sistema de bandeja (W9) .....	15
Figura 2.11- Drenagem do sistema de Bandeja (W10).....	15
Figura 2.12 - Tapete de cobertura verde (W11).....	16
Figura 2.13 - Cobertura verde, utilizando o método modular, saco (W12) .....	16
Figura 2.14- Cobertura tradicional sem isolamento térmico (W13).....	19
Figura 2.15-Cobertura tradicional, (Silva, 2012) .....	20
Figura 2.16-Cobertura invertida, (Silva, 2012).....	21
Figura 2.17- Sistema de drenagem na zona verde da cobertura (W14).....	25
Figura 2.18- Drenagem exterior à zona verde (W15) .....	26
Figura 2.19- Exemplo de cobertura verde tradicional e todos os seus elementos (W16).....	27
Figura 2.20 - Solo (W17) .....	28
Figura 2.21 - Placas de substrato (W18) .....	28
Figura 2.22 - Esteira de vegetação (W19) .....	28
Figura 2.23- Anomalias da camada de suporte (FLL, 2008), (NTJ 11C, 2012), (Coelho, 2014), .....	29
Figura 2.24- Anomalias na camada de impermeabilização (NTJ 11C, 2012), (FLL, 2008), (Coelho, 2014) .....	30
Figura 2.25- Anomalias nas camadas anti raízes, drenante e filtrante (Coelho, 2014) (NTJ 11C, 2012), (FLL, 2008),.....	30
Figura 2.26- Anomalias do substrato e vegetação (Coelho, 2014), (Tolderlund, 2010), (FLL, 2008) .....	31
Figura 3.1- Evalon VSK (W20).....	40
Figura 3.2- RAM-Toug 250 (W21).....	41
Figura 3.3- Membrana de superfície auto-protégida - ESTERDAN 40/GP POL (W22).....	41
Figura 3.4- Membranas de superfície não protegidas - ESTERDAN 40 P POL (W23) .....	41
Figura 3.5- Danodren R-20 (W24) .....	42
Figura 3.6- Danodren Jardín (W25) .....	42
Figura 3.7- Geotêxteis não-tecidos (W26) .....	42
Figura 3.8- Platon DE25 (W27).....	43
Figura 3.9- TNT (W28) .....	44
Figura 3.10- Geotêxteis Texxam (W29) .....	45
Figura 3.11- Optigreen FDK 60UK BU (W30) .....	46
Figura 3.12- Esquema do produto comercial ETA 13/0534 (W31) .....	54
Figura 3.13- Esquema do produto comercial ETA 13/0557 (W32) .....	55
Figura 4.1- Localização geral da obra (W33).....	62

Figura 4.2- Localização aproximada da obra (W33) .....	62
Figura 4.3 – Desenho 3D do resultado pretendido .....	63
Figura 4.4- Planta da Cobertura, Cortes (adaptado de PROAP) .....	63
Figura 4.5- Corte LL' (adaptado de PROAP) .....	63
Figura 4.6- Corte CC'(adaptado de PROAP) .....	64
Figura 4.7- Corte BB'(adaptado de PROAP).....	64
Figura 4.8-planta de localização dos pátios (adaptado de PROAP) .....	65
Figura 4.9- Pátio -5, desenho realista (adaptado de PROAP) .....	65
Figura 4.10- Pátio -6, desenho realista (adaptado de PROAP) .....	66
Figura 4.11- Piso -1/-2, desenho referente há colocação das diferentes espécies de plantas (adaptado de PROAP) .....	66
Figura 4.12 - Geocélulas .....	68
Figura 4.13 – Pormenor do projeto de drenagem da cobertura .....	68
Figura 4.14- Dispensor de rega .....	68
Figura 4.15- Teste de estanquidade .....	69
Figura 4.16- Camada betuminosa com filme, fim da laje .....	69
Figura 4.17 – Método de fixação do geotêxtil ao isolamento térmico .....	69
Figura 4.18- Sistema de drenagem e respetiva área de proteção .....	70
Figura 4.19 – Ralo do sistema de drenagem por sucção .....	70
Figura 4.20- Perfil metálico para criar o bordo de segurança .....	70
Figura 4.21 – Manta Drenante .....	71
Figura 4.22 – Perímetro de segurança em arestas da cobertura .....	71
Figura 4.23 – Sistema de drenagem (Pluvia System).....	71
Figura 4.24 – Colocação do substrato .....	72
Figura 4.25- Incio da colocao das plantas, verificação dos taludes e perímetro de segurança..	72
Figura 4.26- Sistema de rega gota-a-gota .....	72
Figura 4.27- Estação de tratamento de águas cinzas (W34). .....	75
Figura 4.28- Perfil da seção BIOX VT (W35) .....	75
Figura 4.29- Rede de tramento de águas cinzas .....	75

## Lista de Abreviaturas

Na seguinte lista é apresentada a simbologia adotada ao longo da dissertação, com o objetivo de se identificar mais facilmente todas as abreviaturas utilizadas.

DIBt – Deutsches Institut für Bautechnik

E.U. – União Europeia

EN – European Norms ou European Standards

ETA- European Technical Approval

FGSV -Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

FLL- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.

GRO – The Green Roof Organisation

IGRA – The International Green Roof Association

ISO – International Organization for Standardization

IST – Instituto Superior Técnico

NTJ 11C – Normas tecnológicas de jardinería y paisajismo

UNE – Una Norma Española



# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento geral

Na atualidade, devido ao rápido crescimento da população, tem-se notado algumas alterações não só climatéricas, mas também alteração de habitats. O elevado crescimento da construção resultou na adoção de várias técnicas que se demonstraram menos ecológicas do que o desejado. A utilização de coberturas verdes é uma alternativa possível, ainda pouco expressiva em Portugal. A falta de explicação e incentivos leva a que o construtor e utilizador não façam uso desta prática antiga com resultados fiáveis.

Este tipo construtivo é cada vez mais salientado em países com um grau elevado de desenvolvimento, tais como, Alemanha, Dinamarca, Japão, entre outros. Devido ao crescente aumento de utilização de coberturas verdes foi necessário, criar regulamentação técnica por forma a certificar os diversos produtos e conjuntos da cobertura. Como tal, foram desenvolvidos pelos diversos países algumas certificações. Tendo a Alemanha sido o primeiro país a certificar estes processos construtivos, com base em estudos, análise de anomalias/ critérios e aprovação de métodos construtivos, todas as outras legislações ou “guidelines” subsequentes têm como base o guia técnico alemão, FLL, 2008. Este tipo de documentos contribui para aumentar a garantia de utilização do edifício com cobertura verde, favorecendo o construtor e o utilizador.

As coberturas verdes podem introduzir vantagens para o utilizador e para o espaço envolvente. As vantagens globais da utilização de coberturas verdes numa cidade passam pela criação de zonas urbanas esteticamente mais apelativas do que as coberturas tradicionais ou mais correntes. Este tipo de construção permite a diminuição dos resíduos comparativamente às coberturas planas tradicionais, pela possibilidade de gestão das águas pluviais, pela diminuição do efeito de “ilha de calor”, pela melhoria da qualidade do ar. A possibilidade de produção de produtos agrícolas de menor dimensão (respeitando o tipo e família de plantas/ arbustos possíveis de ser plantados), a criação de trabalho em pequena escala e aumento dos espaços verdes dentro das áreas urbanas são fatores vantajosos que se pode retirar da aplicação de coberturas verdes (Shepard, 2010 e Green Roofs for Healthy Cities, n.d). As vantagens diretas que o utilizador terá face à utilização de uma cobertura verde em relação a uma cobertura tradicional serão, a maior eficiência no conforto térmico, ou seja, menor necessidade de utilização de meios produtores de conforto térmico, como ar condicionado, e por sua vez a diminuição do consumo elétrico, o aumento do tempo de vida útil da membrana, redução do ruído exterior, a possibilidade de usufruir de eventuais incentivos fiscais (caso existam), a criação de um espaço extra na habitação (as coberturas inclinadas tradicionais não permitem a utilização da cobertura como espaço extra) e capacidade de algum retorno do custo inicial investido. (Green Roof Technology, s.d)

O sistema de cobertura verde tem tido em Portugal alguma dificuldade em se implementar como uma alternativa competitiva e viável face às tradicionais. A principal barreira que deve ser ultrapassada é a falta de conhecimento, pois ela é bastante elevada privando os utilizadores não têm acesso à informação dos benefícios e desvantagens deste método construtivo.

Do ponto de vista do construtor existem diversas dificuldades, pois este tipo de construção carece de técnicos especializados, criando subempreitadas, assim como a necessidade de produtos certificados (obrigatoriedade dentro da União Europeia).

A utilização deste método construtivo em larga escala, tem como principal adversidade a falta de uma análise comparativa entre os produtos existentes no mercado e os guias técnicos ou normas internacionais. Como tal, há necessidade de realizar uma análise dos produtos existentes no mercado, e confrontar o seu desempenho com os guias técnicos disponíveis, por forma a verificar se o produto verifica as exigências esperadas.

## **1.2 Objetivos do trabalho**

A presente dissertação de Mestrado pretende contribuir para a avaliação do desempenho técnico de coberturas verdes através dos seguintes objetivos:

1. Apresentar diversos produtos disponíveis no mercado para os sistemas de coberturas verdes;
2. Fazer o confronto/discussão entre os pontos 2. e 3.;
3. Analisar um caso de estudo que mostre a necessidade de avaliação do desempenho técnico dos elementos de cobertura verde escolhidos em projeto.

## **1.3 Organização**

A dissertação é constituída pelo presente capítulo, quatro capítulos principais e um último referente à conclusão da dissertação.

O segundo capítulo, “Tecnologia, Anomalias e Desempenho de Coberturas verdes”, apresenta uma breve evolução história, as diversas tipologias de coberturas verdes, benefícios e condicionalismos (em pequena e larga escala) referentes à aplicação deste método construtivo e os incentivos fiscais produzidos pelas diversas cidades mundiais e países. Em seguida, são abordadas as diferentes técnicas construtivas e análise das vantagens e condicionalismos dos dois métodos mais usuais no mercado. Posteriormente é detalhado o sistema multicamada, as anomalias mais frequentes no desempenho das coberturas verdes e uma síntese dos requisitos base dos produtos e camadas de acordo com os guias técnicos disponíveis.

O terceiro capítulo é referente a uma análise de mercado. Este capítulo é constituído por uma descrição dos produtos presentes no mercado, e seguidamente é realizado uma análise dos produtos face às prescrições referidas nas normas ou guias técnicos usuais.

O quarto capítulo analisa o caso de estudo deste trabalho. Inicialmente descreve a obra em geral e qual o custo da cobertura verde face à restante empreitada. Em seguida, é verificado o cuidado especial na realização da obra face às anomalias mais presentes na implementação da cobertura verde e as alterações em projeto face aos produtos presentes no mercado e sistemas adicionais para um melhor rendimento da própria construção

No último capítulo são realçadas as principais contribuições do trabalho e apresentadas conclusões obtidas na elaboração, as quais permitem uma melhor compreensão sobre as diferenças



dos produtos existentes e as normas e guias técnicos atualmente em vigor. Sugerem-se ainda linhas de investigação a seguir em trabalhos futuros.



## 2 Tecnologia, anomalias e desempenho de coberturas verdes

### 2.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo, refere-se inicialmente de uma forma breve a evolução histórica do sistema de coberturas verdes, seguindo-se de uma referência aos tipos mais comuns, vantagens e desvantagens na utilização e quais aos incentivos fiscais existentes em cidades com maior aplicação de coberturas verdes.

De seguida será abordada a tecnologia dos sistemas de coberturas verdes com uma comparação dos métodos existentes, sendo posteriormente apresentada descrição das camadas mais relevantes e o desempenho esperado.

São referenciadas de forma sintetizada as anomalias mais comuns na produção de coberturas verdes e o desempenho esperado das diversas tipologias construtivas.

#### 2.1.1 Evolução histórica

As coberturas verdes, bem como os jardins verticais, são construções que remontam há milhares de anos. A implantação deste tipo de cobertura deveu-se às suas boas qualidades térmicas e a elevada capacidade de retenção de água. (Peck & Callaghan, 1999). É de relembrar que o material mais utilizado na construção de edifícios construídos há milhares de anos era o adobe (mistura de terra argilosa com vegetação seca, sendo ainda possível verificar nos dias de hoje a eficácia desta utilização construtiva na região do Alentejo).

As primeiras referências concretas sobre a construção de coberturas verdes datam do século VI a.C. (antes de Cristo) (Figura 2.1). Esta referência ilustra a construção dos Jardins Suspensos da Babilónia, mandados construir pelo rei Nabucodonosor II (Figura 2.3) (Rossi, s.d.).

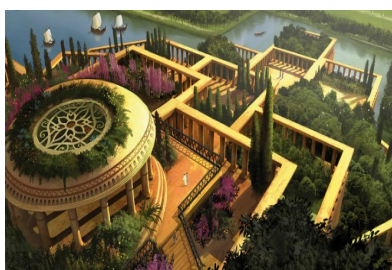


Figura 2.1- Antes de Cristo, Babilónia  
(W1)



Figura 2.2- Época Medieval, Casa  
Viking (W2)

O material utilizado para impermeabilizar a estrutura foram folhas de chumbo, sendo revestidos por tijolos furados com terra no seu interior, criando desta forma o substrato com armazenamento de água (Costa, 2010).

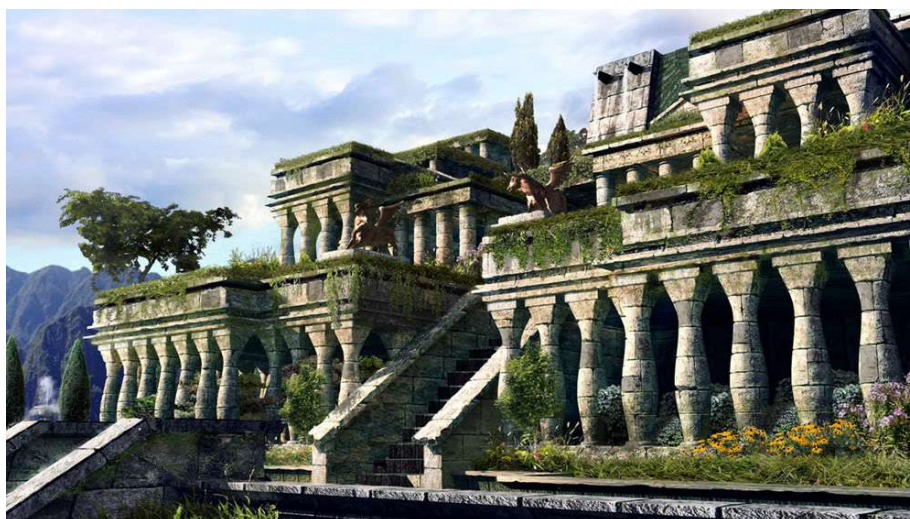


Figura 2.3— Jardins Suspensos da Babilónia (W3)

Durante a época medieval existiu uma civilização localizada na Escandinávia (Figura 2.2), denominada por Vikings. Estes cobriam as paredes e os telhados das suas habitações por forma a amenizar as intempéries, tal como é demonstrado na Figura 2.4. (Magill, 2011). Este tipo de construção é possível ainda ser vista em algumas zonas de Inglaterra assim como na Islândia.



Figura 2.4- Casa Viking (W4)

Na época do modernismo, século XIX, era frequente exibir em exposições os avanços tecnológicos. Karl Rabbitz construiu um espaço verde na cobertura de habitação corrente, típica da época, de classe média. A elaboração deste projeto tinha como objetivo analisar o comportamento de um material Rabbitz estava a desenvolver, condicionando-o às diferentes agressões a que poderia estar sujeito. O projeto originou uma das primeiras inovações no sistema de impermeabilização, permitindo a construção de coberturas verdes em massa. (Costa, 2010)

A partir dos anos 60 passou a existir uma maior tendência, para o desenvolvimento e utilização das coberturas verdes. A implantação desta nova tendência teve maior incidência em países como a

Suíça e a Alemanha, onde começaram a ser utilizadas não para combater o excesso de construção, devido à revolução industrial, mas como expressão cultural. Iniciam-se os primeiros estudos de forma a aumentar a qualidade deste tipo de coberturas. Só em 1970 é que ocorre o perfeito desenvolvimento e conjugação de todas as componentes da cobertura verdes. (Coelho, 2014). Nos anos 80, devido aos incentivos fiscais criados pelo governo Alemão, assistiu-se a uma enorme expansão da construção de coberturas verdes, tendo-se depois alastrado esta nova tendência aos países nórdicos.

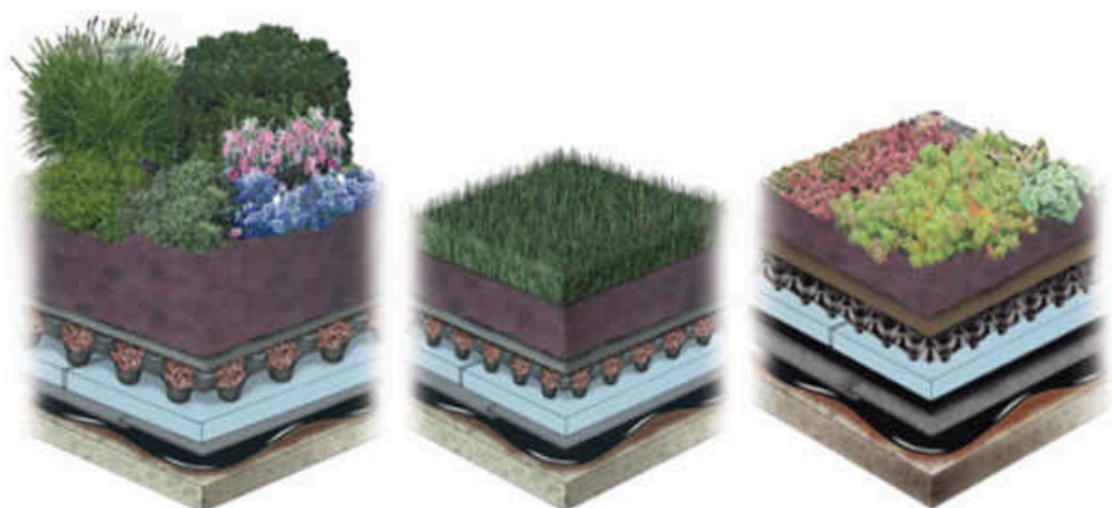
Em 1989 foi publicada a primeira regulamentação sobre coberturas verdes, denominada por FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V). (Magill, 2011). Ao longo do século XX foram realizadas diversas obras com o objetivo de criar uma estética mais apelativa, assim como para melhorar a qualidade de ar na sua envolvente (Figura 2.5).



Figura 2.5- Século XX, Bosco Verticale

## 2.1.2 Tipologia de coberturas verdes

É globalmente aceite que existem 3 tipos de coberturas verdes, tipicamente definidos de acordo com a FLL (FLL, 2008): coberturas intensiva, coberturas semi-intensiva e coberturas extensiva, conforme ilustradas na Figura 2.6. De seguida, descrevem-se cada um destes tipos de cobertura.



Cobertura Intensiva

Cobertura Semi-Intensiva

Cobertura Extensiva

Figura 2.6- Esquema dos diversos tipos de cobertura (W5)

A cobertura extensiva foi designada por extensiva, inicialmente, devido ao tipo de cuidado e de manutenção que era requerido para manter este tipo de cobertura (Figura 2.6). Atualmente o tipo extensivo advém das características das herbáceas utilizadas. É caracterizada como tendo uma espessura mínima de substrato de 0,02m ou em casos específicos poderá ter 0,20 m. (FLL, 2008).

As herbáceas colocadas neste tipo de cobertura são geralmente musgos, caméfitos, saxífragas e gramíneas (Grandão Lopes, 2004). São plantas pouco evasivas e requerem uma manutenção menos cuidada face às coberturas do tipo Intensivas ou Semi-intensivas. O tipo de vegetação empregue deverá ser resistente às condições climáticas padrão do local de implantação e deverá ter capacidade de regeneração sem qualquer tipo de intervenção humana. Geralmente este tipo de cobertura não necessita de ser dimensionada para ter em conta a acessibilidade para realização de trabalhos. A nível estrutural requer o cuidado regulamentado por parte das normas de dimensionamento estrutural. (FLL, 2008)

A cobertura semi-intensiva (Figura 2.6), como o próprio nome indica, é um ponto intermédio entre uma cobertura extensiva e intensiva. Este tipo de cobertura poderá conter arbustos de pequenas dimensões e plantas que requeiram um maior cuidado, assim como abarcar uma raiz ligeiramente mais profunda. O substrato adjacente a este tipo de cobertura deverá ter uma espessura entre os 0,15 m e os 0,50 m, valores que se encontram entre os recomendados para as coberturas extensiva e intensiva (Zinco, s.d.). A manutenção deverá ser média, contudo, deverá ter um sistema de rega apropriado, pois as plantas inseridas neste tipo de cobertura necessitam de um maior cuidado face às extensivas (FLL, 2008). A nível estrutural a exigência é menor do que no tipo intensivo, no entanto por medidas de segurança deve-se considerar o maior peso/ação na laje (FLL, 2008).

A cobertura intensiva (Figura 2.6) é um tipo de cobertura que requer mais cuidado e uma especial atenção e do ponto de vista da irrigação. O substrato deste tipo de cobertura poderá atingir cerca de 1 m de espessura, sendo que a espessura mínima recomendada é de 0,30 m. Contudo, caso seja possível monitorizar a irrigação da mesma colocando herbáceas menos evasivas poder-se-á recorrer a um substrato de 0,20m (Lopes, 2004). Este tipo de cobertura poderá ser semelhante ao tipo de vegetação utilizado em jardim térreos ou em zonas de lazer, no entanto, esta dimensão não deverá ser a pretendida, pois poderá colocar em causa o bom desempenho das restantes camadas (FLL, 2008).

Devido a uma maior manutenção e cuidado por parte do utilizador/construtor, este tipo de cobertura deverá ter em atenção medidas de proteção superiores e utilizar materiais mais resistentes do que no caso das coberturas extensivas, pois é um tipo de cobertura com um grau de utilização elevado (GRO, 2014).

A nível estrutural contém requisitos elevados, pois é um tipo de cobertura que poderá utilizar vegetação com cargas superiores e mais evasivas no substrato.

### **2.1.3 Benefícios e condicionalismos**

Por forma a justificar e valorizar a importância das coberturas é importante expor algumas vantagens e desvantagens que as coberturas verdes (cidade e edifício) apresentam face às coberturas tradicionais em Portugal, tal como é apresentado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1-Comparação das vantagens e desvantagens em cidades e edifícios, (Shepard, 2010), (Salter, s.d.), (Seaverson, 2010), (National Park Service, s.d.), (City of Sidney, s.d.)

Vantagens numa cidade	Vantagens em edifícios	Desvantagens da aplicação de coberturas verdes
Redução ou eliminação do efeito de ilha de calor;	Melhor desempenho térmico;	Maior custo inicial do que uma cobertura designada corrente;
Aumento da biodiversidade;	Melhor desempenho acústico (estudos realizados indicam que uma camada de apenas 12 cm pode reduzir até 40 dB);	Maior aumento de carga sobre o elemento estrutural caso se utilize uma cobertura do tipo intensivo ou semi-intensivo;
Filtragem dos gases poluentes e subsequente melhoria do ar;	Economia a longo prazo (o custo inicial é superior, no entanto existe amortização do investimento inicial a longo prazo, e lucro do mesmo);	Necessidade de controlo do crescimento e manutenção das herbáceas presentes na cobertura;
Diminuição dos picos de cheia entre 50% a 80%;	Aumento do espaço útil;	Necessidade de especialização por parte da empresa instaladora;
Aumento das áreas verdes em contexto urbano e diminuição do impacto da construção massiva;	Redução do custo de manutenção;	Maior complexidade do sistema;
Criação de espaço lúdicos dentro das cidades;	Prevenção do risco de incêndio;	Necessidade de seleção de plantas autóctones;
Diminuição do consumo energético na cidade;	Durabilidade;	Necessidade de seleccionar plantas/arbustos pouco invasivos;
Melhoria física e mental dos utentes da cidade	Aproveitamento do espaço considerado sem aproveitamento para utilização do utilizador;	Caso existam erros construtivos, a reparação será mais demorada e com custos superiores;
	Capacidade de reaproveitamento de águas cinza assim como águas provenientes da chuva;	
	Melhoria do sistema de drenagem (poderá ser de menor dimensões desde que verifique os critérios de autolimpeza);	

A Tabela 2.1 permite verificar as vantagens que as coberturas verdes têm em relação às coberturas planas e às coberturas inclinadas. Em relação às coberturas planas pode-se verificar que as coberturas verdes têm uma maior vantagem essencialmente a nível da proteção da camada impermeabilização (durabilidade e custo de manutenção) bem como um melhor desempenho térmico. A nível dos requisitos estruturais, a variação de carga entre uma cobertura plana e uma cobertura verde do tipo extensivo é baixo, deste modo o utilizador e o construtor irá ter como mais valia a utilização da cobertura verde.



Em relação às coberturas inclinadas (tradicionais) a cobertura verde permite obter um melhor desempenho acústico, a possibilidade de utilização do espaço e a capacidade de diminuição dos picos de cheias bem como o aproveitamento das águas provenientes da chuva.

As desvantagens da utilização das coberturas verdes são do ponto de vista técnico e oneroso inferiores às vantagens que estas produzem.

#### **2.1.4 Medidas de incentivo à construção de coberturas verdes**

Várias cidades criaram formas de mudar ou implementar novas ideias, existem duas formas de promover, através da obrigatoriedade de construção ou através de incentivos fiscais.

Os incentivos fiscais são geralmente aplicados com o objetivo de alterar os comportamentos das sociedades em que se pretende implantar uma ideia nova (Snodgrass & McIntyre, 2010).

Cada vez mais as cidades e países atribuem diferentes incentivos por forma a promover adoção de coberturas verdes (Figura 2.7). De seguida, apresentam-se as várias alternativas testadas em diferentes locais do mundo.

##### **2.1.4.1 Taxa**

A aplicação de uma taxa é um tipo de programa que tem por objetivo incentivar o utilizador a recorrer a um determinado produto por forma a retirar proveito do mesmo. Por exemplo, na cidade de Nova Iorque foi aplicado uma redução de imposto de 4,5 dólares por cada m<sup>2</sup> de cobertura verde, podendo ir até a uma redução de 100 mil dólares por proprietário de edifício ou diminuição do imposto de construção (Achnitz, 2014).

Tem-se também como exemplo a cidade de Singapura, onde tem sido promovida em larga escala a construção de coberturas e fachadas verdes, elaborando diversos tipos de programas para a sua promoção.

O primeiro incentivo fiscal utilizado em Singapura foi a não contabilização das coberturas como Área Bruta de Construção e a possibilidade do construtor poder usufruir de mais 10% da Área Bruta de Construção. O plano em vigor, aprovado a 1 de Abril de 2015 e expira a 31 de Março de 2020, tem como incentivo o financiamento de 50% do custo de instalação de coberturas verdes ou fachadas verdes. Este programa tem a designação de “Skyrise Greenery Incentive Scheme” (SGIS 2.0) (National Parks Board, 2016).

##### **2.1.4.2 Programa de subsídios**

Este tipo de programa tem como objetivo ajudar os custos iniciais na implantação de coberturas verdes.

Em Washington DC., o departamento distrital para o desenvolvimento verde, criou um programa em que financia 7 dólares por cada m<sup>2</sup> ou 10 dólares pela utilização de “subwatershed” (bacia hidrografia artificial, destina-se ao armazenamento de água da chuva). O subsídio não tem limite de área.



Em Toronto, através do projeto “Eco-Roof”, são financiados 75 dólares por m<sup>2</sup> até um máximo de 100 mil dólares. O programa destina-se apenas à construção de edifícios novos, desde edifícios habitacionais até industriais (Achnitz, 2014).

Também na Europa este programa foi realizado. Na Alemanha foi aprovado um plano de incentivo à construção de coberturas verdes tais como, subsidiar 15 €/m<sup>2</sup>, pagar 50% dos custos associados à construção até um total de 5000 € (Shepard, 2010).

### **2.1.4.3 Empréstimo**

Devido aos diferentes orçamentos de cada Estado ou Cidade dos Estados Unidos da América (E.U.A) é necessário criar outro tipo de incentivos. Por exemplo, em Cincinnati, no estado de Ohio, existe um programa em que a camara poderá fornecer até um total de 5 milhões de dólares para a construção de coberturas verdes em edifícios novos. Este empréstimo tem uma taxa muito mais baixa do que a taxa normal atribuída pelas financeiras (Achnitz, 2014).

### **2.1.4.4 Redução/aumento de taxas camarárias**

É um método de financiamento indireto pois não atribui valores correspondentes a cada m<sup>2</sup> implantado. Este processo permite a redução das taxas de licenciamento e de serviços públicos (por exemplo água). Este método foi aplicado em Arlington County, no estado de Virgínia (Achnitz, 2014).

O aumento das taxas camarárias leva a que o dono de obra, assim como o utilizador, pondere as vantagens e desvantagens acerca da adoção deste novo método construtivo. Na Europa este método foi aplicado na Suíça, no município de Baden, onde foi criada uma sobretaxa no valor de “40 francos suíços/ m<sup>2</sup> de construção, caso o proprietário não tenha previsto superfícies verdes ou superfícies que permitam a infiltração apropriada da água da chuva” (Lopes, 2004).

### **2.1.4.5 Obrigatoriedade**

A obrigatoriedade é considerada o método mais simples de promover uma mudança de atitude dos cidadãos. Esta deverá ser realizada de forma gradual por forma a não criar descontentamento geral e criar pontos de aprovação por parte da população. Tome-se como exemplo a cidade de Copenhaga, na Dinamarca. Foi a primeira cidade dinamarquesa a aprovar a implementação de uma lei relacionada com a construção de coberturas verdes. A política de construção começou com a obrigatoriedade de implantação de coberturas verdes nos edifícios municipais, após a Conferência sobre o Clima das Nações Unidas em 2009 (Baykal, 2012).

Nos dias de hoje, não estão ao abrigo desta lei os edifícios em que a pendente da cobertura seja igual ou superior a 30 graus. A implementação desta lei tem como objetivo a emissão de 0% de CO<sub>2</sub> e absorver até 80% da precipitação por forma a diminuir a pressão nos sistemas de águas pluviais e diminuir o efeito de ilha de calor (Proefrock, 2010).

Esta obrigatoriedade não é apenas utilizada nos países europeus, a América do Norte também tem vários exemplos referentes a este método. Na cidade de Toronto foi criada uma lei municipal que obriga as construções novas a possuir coberturas verdes. Contudo, apenas as construções novas estão

ao abrigo desta lei. Esta é prescrita para edifícios de carácter residencial, comercial ou institucional, com uma área bruta de construção superior a 2000 m<sup>2</sup> (Toronto Municipal , 2013).

### 2.1.5 Caracterização do clima e exposição de casos de sucesso

Através da análise da Figura 2.7, pode-se verificar que a distribuição de implementação de coberturas verdes é bastante vasta. A construção e adoção deste método construtivo tem uma incidência maior no Hemisfério Norte, não só por ter uma maior capacidade de recursos monetários, mas também devido ao clima dominante (Tabela 2.2). Podendo-se apurar através da Figura 2.7 que a Península Ibérica não é uma das zonas em que a implementação de coberturas verdes já tenha tomado relevância significativa.



Figura 2.7- Cidades Mundiais com incentivos à política de implementação de Coberturas verdes, adotado de (W6)

Desde a primeira “Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano” de 1972, que os diversos países mundiais têm realizado esforços para colmatar os erros provenientes da forte exploração e emissão de CO<sub>2</sub>. (UNEP, 1972). Como foi referido anteriormente no subcapítulo “2.2.1- Evolução Histórica”, o primeiro guia técnico internacional sobre Coberturas Verdes data de 1989, após a primeira conferência sobre meio ambiente, o que demonstra que a aplicação deste método construtivo pretende ir ao encontro das normas e princípios expostos.

Devido à elevada emissão de CO<sub>2</sub> e ao aumento e consequências da redução da camada ozono, foi criado a 11 de Dezembro de 1997, um protocolo denominado por “Protocolo de Kyoto”, único até ao presente momento, que estipulou as metas anuais ou periódicas a atingir por cada país.

Aos países desenvolvidos foram impostas metas mais elevadas, uma vez que possuem uma taxa de emissão do teor de CO<sub>2</sub> superior aos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, no entanto, devido à não ratificação por parte dos Estados Unidos limitou-se o âmbito do protocolo.

Em Portugal foi aplicado um limite de emissão ou compromisso de redução de “92%” (Agência Portuguesa do Ambiente, s.d. e United Nations, 1998).

Dever-se-á ser feita uma análise geral por forma a verificar qual o tipo de clima (Figura 2.8) que contem uma maior implantação de coberturas verdes. Para tal, recorre-se às duas Figuras presentes neste subcapítulo. As coberturas verdes são predominantes em Climas Temperados Continental, marítimo ou oceânico e em Climas Quentes Equatorial, Tropical Húmido. É necessário referir que pode existir microclimas, isto é, pequenas zonas dentro de um determinado país em que não estão de acordo com o clima característico, como por exemplo, Mafra, em Portugal.

Tabela 2.2 - Principais características dos climas, onde existe predominância de implantação de coberturas verdes. (Geografia7, s.d.), (prof2000, s.d.).

Clima	Características
Clima Temperado Continental	-Temperatura: Durante os períodos de verão poderá superar os 20°C, no entanto no Inverno as temperaturas são negativas; -Precipitação: Moderada pluviosidade, geralmente em forma de neve; -Amplitude térmica: Elevada; -Meses de seca: Não tem meses de seca.
Clima Temperado Marítimo ou Oceânico	-Temperatura: Oscilação entre os 20° (verão) e superior a 5° (Inverno) -Precipitação: Elevada/Moderada (média de 100,8 mm) -Amplitude térmica: Baixa -Meses de seca: Não tem meses de seca.
Climas Quentes Equatorial	-Temperatura: Elevadas, geralmente superiores a 20°C; -Precipitação: Elevada e constante, regular ao longo do ano; -Amplitude térmica: Baixa; -Meses de seca: Não tem meses de seca.
Climas Quentes Tropical Húmido	-Temperatura: Superiores a 24°C, podendo ocorrer meses de menor temperatura; -Precipitação: Elevada ao longo do ano; -Amplitude térmica: Muito baixa -Meses de seca: Possibilidade de ocorrência de meses secos (2/3 meses).
Clima Temperado Mediterrânico	-Temperatura: máximas de 40°C, no entanto a média 25°C (verão) e temperaturas médias de 6°C (Inverno); -Precipitação: Elevada numa época do ano (Novembro a Fevereiro) e baixa nos meses restantes do ano; -Amplitude térmica: Moderada; -Meses de seca: Aproximadamente 5 meses anuais.

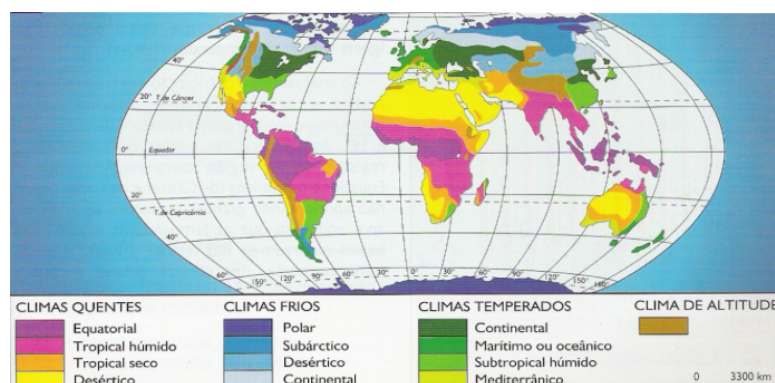


Figura 2.8– Mapa mundo com a distribuição dos tipos de Climas (W7)

Através da Tabela 2.2 e da Figura 2.8 pode-se verificar algumas semelhanças que os climas têm entre si. Os dois parâmetros comuns são “Temperatura Elevada” assim como “Precipitação Elevada”. Algumas cidades utilizam as coberturas verdes para solucionar os problemas de pluviosidade ou as temperaturas elevadas. A caracterização do clima permite verificar que os incentivos fiscais na utilização de coberturas verdes estão associados à mitigação de problemas provenientes do mesmo.

Estando Portugal associado a um clima mediterrâneo, verifica-se que não possui problemas climáticos do mesmo grau do que os climas onde os incentivos fiscais são aplicados em grande escala, deste modo pode-se afirmar que a utilização de coberturas verdes não será uma mais valia para a mitigação dos problemas provenientes do clima, no entanto, a utilização deste método construtivo possibilitará a prevenção de possíveis problemas provenientes da alteração do clima. Pode-se também verificar que Portugal é um dos países em que o clima é preponderante na utilização de coberturas verdes.

Para se poder verificar a utilidade das coberturas verdes para os diferentes tipos de problemas emergentes devido à enorme exploração humana do planeta, tome-se alguns exemplos (Tabela 2.3) por forma a mostrar a veracidade dos factos.

Tabela 2.3 - Estudos e casos de sucesso da aplicação de coberturas verdes

Problema	Estudo/casos reais
Efeito de “ilha de calor”	A ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers) realizou um estudo/simulação na cidade Chicago que tinha como objetivo verificar os efeitos das coberturas verdes na redução do efeito de ilha de calor. Verificou-se que a cada grau Fahrenheit, reduzido pela cobertura verde, existia um decréscimo de 1,2% no consumo de energia. O estudo também revelou que se todos os edifícios de Chicago tivesse cobertura verde existiria uma redução de consumo por volta de 100,000,000 dólares anuais (Peck & Kuhn, s.d.).
Cheias	Em Portland, estado de Oregon, verificou-se que um substrato com apenas 10 cm e tipologia extensiva com seguia absorver aproximadamente 69% da precipitação. (Raposo, 2013). Estudos americanos e europeus revelam que que 50% da precipitação anual fica retida nas coberturas verdes (Berghage, Beattie, Thuring, & Rzaci, 2009).
Poluição do ar	Em Chicago foram realizados teste sobre o contributo da cobertura verde para a diminuição dos gases nocivos e poluentes presentes na cidade. Os resultados obtidos confirmam que os gases poluentes presente no ar diminuíram de concentração. Com uma área total de cobertura verde foi de 19,8 ha foi possível remover cerca de 1675kg de ar poluente (Yang, Yu, & Gong, 2008).
Destruição de habitats	Na cidade de Toronto, verificou-se a utilização de coberturas verdes permite a criação de zonas de repouso para aves migratórias, a introdução de plantas ou árvores de diferentes espécies assim como a reintrodução de espécies em vias de extinção, como por exemplo a borboleta Karner Blue ( <i>Lycaeides Melissa samuelis</i> Figura 2.9) (Currie & Bass, 2010).



Figura 2.9- Karner Blue (W8)

## 2.2 Tecnologia de coberturas verdes

No mercado existem diferentes opções sobre o sistema construtivo que os utilizadores e donos de obra podem implementar. Os sistemas mais relevantes existentes no mercado internacional são o sistema multicamada (mais usual) e o sistema monocamada, e dentro do sistema monocamada aquele que tem mais relevo é o sistema modular. Sendo estas as opções mais presentes no mercado é uma mais valia analisar e realçar as vantagens e desvantagens de cada sistema construtivo.

O sistema multicamada consiste na aplicação das camadas drenante, filtrante e substrato individualmente (FLL, 2008). O sistema multicamada será aprofundado no Subcapítulo 2.3.

O sistema modular, que pertence ao tipo construtivo monocamada, consiste na aplicação de uma única camada de suporte de vegetação que tenha propriedades filtrantes e drenantes (FLL, 2008).

O sistema modular é constituído por três tipos de aplicações diferentes, nomeadamente, sistema de bandeja, sistema de tapete e sistema de saco ((Coelho, 2014) e (Banting, et al., 2005)).

O sistema de bandeja, Figura 2.10, dentro do sistema modular é aquele que tem mais relevo. Consiste na aplicação de módulos individuais e justapostos (Rollins & Robilotti, 2011). A “bandeja” é um módulo de dimensões variáveis que contém os sistemas drenante e filtrante, substrato e vegetação em fase de crescimento (Velazquez, 2003).

O sistema de drenagem, Figura 2.11, é realizado através do módulo que contempla a camada filtrante e o substrato.



Figura 2.10- Sistema de bandeja (W9)



Figura 2.11- Drenagem do sistema de Bandeja (W10)

O sistema de tapete consiste na aplicação de um tapete (Figura 2.12) constituído por camada filtrante, substrato e vegetação, que por vezes é incluído a camada drenante. Permite a redução da espessura da camada podendo ser de 4,5 cm (Coelho, 2014).



Figura 2.12 - Tapete de cobertura verde (W11)

O sistema de saco (Figura 2.13) é muito semelhante ao sistema de bandeja. O saco é constituído por material têxtil reciclado por forma a permitir a drenagem do solo e o substrato é composto por argila expandida e resíduos sólidos (próprios para o substrato) que permitem a retenção parcial de água. No substrato são incorporados as sementes ou a vegetação em fase de crescimento (Horton, 2013).



Figura 2.13 - Cobertura verde, utilizando o método modular, saco (W12)

Na Tabela 2.4 é apresentado as vantagens e desvantagens dos diferentes tipos construtivos.



Tabela 2.4 - Vantagens e desvantagens do método construtivo multicamadas e monocamada, (Coelho, 2014), (Miller, 2012), (Velazquez, 2003)

<b>Método Construtivo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Multicamadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Possibilidade de escolha dos materiais constituintes;</li> <li>-Capacidade de seleção de diversas espécies de plantas;</li> <li>-Cobre toda a área da cobertura, inclusive a platibanda e zonas frágeis à exposição solar;</li> <li>-Utilização de rega gota-a-gota;</li> <li>-Permite a mitigação das raízes;</li> <li>-Permite que o utilizador realize atividades sobre a cobertura;</li> <li>-Permite a incorporação de outros sistemas (painéis solares);</li> <li>-Utilização como um sistema completo e uniforme de drenagem;</li> <li>-Capacidade de utilização de sistemas de reaproveitamento de águas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Para pendentes superiores a 20% é recomendado o uso de acessórios para evitar o deslizamento do substrato;</li> <li>-Em caso de erro construtivo ou dano na cobertura o processo de reparação poderá ser mais moroso e caro.</li> </ul>
<b>Monocamada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Facilidade construtiva;</li> <li>-Capacidade de adaptação à configuração da cobertura;</li> <li>-Para pendentes elevadas não é necessário criar compartimentação do terreno;</li> <li>-Maior rapidez de instalação das camadas;</li> <li>-Capacidade de substituição parcial do solo</li> <li>-Facilidade de utilização de diferentes tipos de solo;</li> <li>-Possibilidade de utilizar diferentes espessuras de solo;</li> <li>-Facilidade de colocação de elementos de drenagem sob a camada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pequeno desempenho em coberturas de grandes dimensões;</li> <li>-Proteção insuficiente da camada de impermeabilização;</li> <li>-Os módulos são encaixados uns nos outros;</li> <li>-Desempenho baixo em relação à gestão de águas pluviais;</li> <li>-Devido há compartimentação da cobertura quando existe um pico de cheia cada módulo irá absorver água individualmente, fazendo com que não exista transmissão entre a cobertura toda, originando maior facilidade de alagamento;</li> <li>-Necessidade de rega por aspersão ou rega individual (módulo a módulo);</li> <li>-Maior facilidade de exposição da camada de impermeabilização aos raios solares;</li> <li>-Criação de maior stress na vegetação e como tal origina problemas na cobertura;</li> <li>-Podem existir variações de temperatura entre o interior do módulo e as extremidades;</li> <li>-Possibilidade de entupimento do sistema de drenagem dos módulos, devido aos crescimento das raízes.</li> </ul>

O método multicamada é um processo mais lento face ao processo monocamada. No entanto, o elemento mais demorado na colocação e na avaliação da sua qualidade é a camada de impermeabilização, pois esta encontra-se presente em ambos os processos construtivos e é instalada à parte do processo monocamada.

A velocidade de instalação e reparação do processo monocamada poderá originar erros e também ligeiras falhas que poderão colocar em risco os diversos elementos subjacentes, deste modo, a vida útil da cobertura poderá ser equiparada à de uma cobertura plana, pois o risco de ocorrência de problemas é de grau elevado.

O processo monocamada em tapete poderá ser uma alternativa quando o projeto de cobertura é do tipo “sedum” ou cobertura extensiva, no entanto, é indispensável assegurar que os tapetes criarão uma coesão contínua entre eles. A aplicação deste método poderá ser vantajosa em coberturas longas e bastante retas, ou seja, onde não existem zonas circulares ou parabólicas na cobertura.

O processo modular poderá ser vantajoso caso a área a cobrir seja de pequenas dimensões e tenha uma inclinação superior a 20 %.

O processo de saco poderá ser vantajoso caso existam pequenas zonas de cultivo ou de produção de espécies específicas para além do objetivo da cobertura.

O método multicamada é adaptável a todo o tipo de coberturas, incluindo inclinadas (>20%, utilizar material de sustentação), configuração e extensão variadas. É de igual modo importante referir que o sistema de drenagem de uma cobertura construída através do processo multicamada tem uma maior facilidade de instalação dos equipamentos/acessórios de drenagem e de rega.

## **2.3 Tecnologia do sistema multicamada**

Para uma melhor compreensão do tema desta dissertação, é essencial ter em consideração os constituintes, as funcionalidades e o dimensionamento de coberturas verdes. É de igual modo importante caracterizar cada tipo de cobertura e explicar quais os motivos de diferentes designações bem como a sua utilização. É de salientar que os elementos presentes em cada sistema podem ter posições diferentes dentro do mesmo, variando essencialmente o isolamento térmico. (Silva, 2012). Consoante os tipos de cobertura a adotar, os materiais escolhidos terão de ser alterados e adequados ao tipo de cobertura e objetivo pretendido pela mesma.

Outro ponto a ter em atenção é a compatibilidade dos materiais, essencialmente devido à sua composição química. Os fabricantes deverão incluir nas fichas técnicas dos produtos a identificação dos materiais incompatíveis com os produtos da sua empresa. Caso exista alguma incompatibilidade deverá ser revisto o projeto ou adicionar uma camada extra por forma a permitir a sua utilização. As incompatibilidades poderão originar roturas ou degradações progressivas, sendo as roturas provocadas por incompatibilidades de materiais e não por questões de dimensionamento ou qualidade dos mesmos. A membrana de impermeabilização e a camada de proteção contra raízes deverão ser resistentes ao efeito de hidrólise (reação química) (FLL, 2008).

Deverão ser tidos em atenção diversos aspetos a quando da implantação deste tipo cobertura, tais como (FLL, 2008):

- zonas com sol, sombra e parcialmente sombrosas (baixa exposição solar);



- níveis de precipitação;
- emissões de gás poluentes;
- exposição da cobertura;
- tensões instaladas nas fachadas;
- inclinação da cobertura;
- cargas de projeto e profundidade do edifício;
- instalação de elementos adicionais ao edifício, tais como equipamentos de ar condicionado e painéis solares.

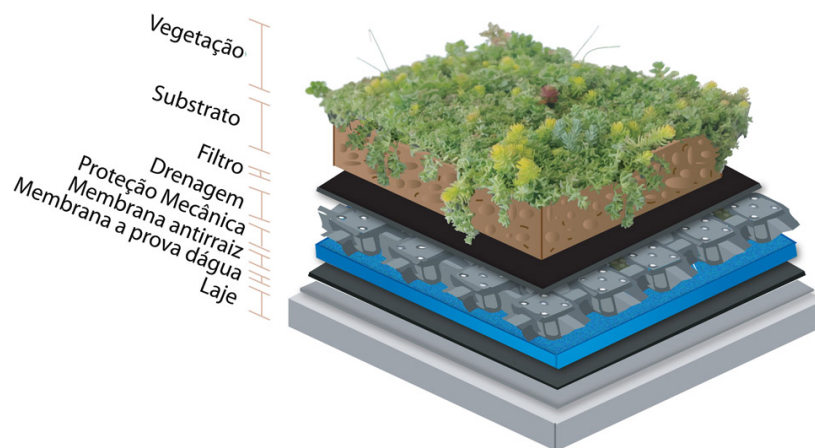


Figura 2.14- Cobertura tradicional sem isolamento térmico (W13)

### 2.3.1 Tipologia construtiva

Ao longo deste subcapítulo irá ser realizado uma análise criteriosa baseada nas diferentes regulamentações mais utilizadas a nível mundial, por forma a criar dados ou critérios de bom dimensionamento para Portugal. Este subcapítulo tem também como objetivo a análise dos produtos disponíveis mercado internacional de modo a possibilitar a criação de respostas plausíveis ou adequada ao dimensionamento que irá ser proposto ao longo deste capítulo. Contudo, é de salientar que este dimensionamento será feito para Portugal Continental não tendo em conta casos pontuais de intempéries, microclimas ou emissões de CO<sub>2</sub> das diferentes cidades.

Atualmente existem 4 tipos de topologias construtivas, sendo estas previstas no maior guia técnico mundial de coberturas verdes (FLL). Destes tipos de métodos construtivos existe um que prevalece sobre os outros, não obstante, é indispensável referi-los a todos e justificar as vantagens e desvantagens na utilização. É de igual modo importante referir que consoante a tipologia adotada, também o dimensionamento das camadas poderá variar e em alguns casos será necessário utilizar outro tipo de material de modo a que o seu desempenho térmico, acústico e drenante seja eficaz e adequado para o edifício.

- Cobertura não ventilada sem isolamento térmico (Figura 2.14) - neste tipo de cobertura poderá ser aplicado qualquer tipo de vegetação. No entanto, o seu dimensionamento deverá estar de acordo com o previsto para o tipo de cobertura prevista em projeto (intensivo, semi-intensivo ou expansivo). Neste caso, é relevante ter-se uma atenção especial ao clima em que se localiza, pois se forem atingidas temperaturas inferiores a 0 °C deverão ser tomadas medidas de proteção contra o efeito da geada na camada inferior da cobertura em questão.



Figura 2.15-Cobertura tradicional, (Silva, 2012)

- Cobertura não ventilada com isolamento térmico (Figura 2.15) - a tipologia não condiciona o tipo de cobertura verde e esta poderá ser intensiva, extensiva ou semi-intensiva. Porém, o isolamento térmico deverá ser dimensionado para a carga específica que irá suportar, ou seja, consoante o tipo de cobertura definida em projeto, este terá de ter as características necessárias para que não ocorra degradação ou rutura do mesmo.
- Cobertura ventilada com isolamento térmico - não existe qualquer tipo de condicionante ao tipo de vegetação a usar. O isolamento térmico terá de cumprir diversas exigências funcionais como a resistência à compressão e a capacidade de deformação. Devido à ventilação da cobertura existe a possibilidade de haver zonas que poderão afetar o telhado, e como tal, esta situação deverá ser analisada caso a caso.
- Cobertura invertida (Figura 2.16) - existe uma diferença significativa relativamente à construção tradicional, a organização das camadas. Nesta situação, o isolamento térmico encontra-se sobre a camada de impermeabilização. Como se encontra mais exposto à ação hidrológica, será necessário tomar uma maior atenção à sua escolha. Por norma, o material utilizado neste tipo de situações é o XPS.



Figura 2.16-Cobertura invertida, (Silva, 2012)

De seguida, descrevem-se em maior detalhe as várias camadas deste tipo de sistemas construtivos.

### 2.3.2 Camada de suporte ou laje

A camada de suporte corresponde ao último elemento estrutural do edifício, elemento laje (Figura 2.14). O elemento estrutural aqui abordado segue as normas e regulamentos previstos para o seu dimensionamento, e nomeadamente em Portugal era utilizado o regulamento com a designação RGEU (Regulamento Geral de Edificações Urbanas). Atualmente e devido ao desenvolvimento mundial utiliza-se os EC (Euro Códigos) para o dimensionamento estrutural e não só.

O dimensionamento deverá contemplar diversas ações, tais como, o peso próprio, a ação do vento, a ação da neve (caso se verifique) e as sobrecargas. No caso de ser utilizada uma cobertura verde, ela deverá ser dimensionada para tal. De modo a garantir um correto dimensionamento, a cobertura verde deverá ser previamente escolhida em relação ao tipo de cobertura a implantar (intensiva, extensiva ou semi-intensiva). Desde modo, deverão ser tidos em atenção os diferentes tipos de carregamento: peso próprio, sobrecarga e carregamento móvel. No caso do peso próprio, deverá ser contemplado todo o tipo de carregamento presente no elemento, nomeadamente peso próprio do elemento, peso da cobertura sobre o elemento estrutural incluindo o peso do sistema adotado tendo conta a saturação do substrato.

A sobrecarga não é um carregamento constante na laje, mas que poderá ocorrer momentaneamente. A existência de diversos tipos de espécies deverá ser tida em conta, pois constituem diferenças de carga (Tabela 2.5). Por exemplo, nas coberturas que requerem manutenção, com um grau de regularidade moderado ou alto, deverão ser consideradas como ações adicionais aquando do dimensionamento da laje.

Relativamente às cargas móveis, há que considerar as cargas esporádicas tais como o vento ou a neve. A avaliação da carga decorrente do tipo de vegetação da cobertura deverá ser correspondente ao peso da fase madura, ou seja, quando a vegetação atinge a sua maior dimensão e por consequência o maior peso (Growing Green Guide, 2016).

A nível de dimensionamento e modelação o projetista tem que ter em conta as cargas a que estará sujeita a laje, devendo fazer uma análise criteriosa sobre a modelação e dimensionamento, considerando o solo saturado ou seco. Não deverá utilizar como critério de dimensionamento o solo seco, pois este produz uma menor carga do que aquela que será na realidade. Deverá considerar cerca de 65 a 70% de saturação do solo isto no caso de Portugal.

Tabela 2.5- Pressão exercida pelo diferente tipo de vegetação (Growing Green Guide, 2016) retirado na íntegra

<b>Tipo de Vegetação</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>
Herbáceas rasteiras (grama)	10,2
Arbustos de baixa dimensão (< 1,5m)	10,2 a 20,4
Relvado	5,1
Arbustos (<3m)	30,6
Árvores de pequeno porte (<6m)	40,8
Árvores de médio porte (<10m)	61,2
Árvores de grande porte (<15m)	150

### 2.3.3 Camada de forma

A camada de forma poderá ser considerada um elemento estrutural, contudo, esta camada tem uma função importante para o bom desempenho da cobertura verde, designadamente na drenagem do excesso de água. A camada de forma define a pendente da cobertura devendo estar compreendida entre 1 a 2%, no caso de Portugal. No entanto, o RGEU indica um valor mínimo de 2 % (Lopes, 2004). A camada de forma poderá ser incorporada na definição de camada de suporte pois apenas cria a pendente pretendida na cobertura, que poderá ser em betão simples ou com aditivos. Caso a pendente seja significativa, ou seja, tenha uma inclinação superior a 15 %, deverá ser tido em conta o tipo de cobertura a ser projetada. Devido às ações do vento e da chuva, o solo poderá ter comportamentos imprevisíveis; sujeitos a rajadas fortes constantes, caso existam árvores, estas poderão assumir posições que não sejam as perpendiculares às lajes o que irá originar forças não verticais. O excesso de água proveniente da chuva poderá originar rasgos no substrato, pelo que deverão ser criados patamares de sustentação do solo, de forma a permitir que a drenagem da água tenha uma eficiência superior e os rasgos que possam pontualmente surgir, não sejam transmitidos a toda a cobertura ((FLL, 2008) e (Lopes, 2004) ).

### 2.3.4 Camada de impermeabilização

A camada betuminosa corresponde ao sistema de impermeabilização, sendo esta camada a mais importante para este efeito. Tem como função resistir à pressão hidrostática e assegurar a estanquidade da cobertura (Coelho, 2014). Contudo, existem algumas técnicas que dispensam a

camada betuminosa, levando a uma maior fragilidade na impermeabilização. Ao longo da dissertação o elemento abordado é a camada betuminosa pois é a mais usual neste tipo de processo.

A camada betuminosa utilizada na construção de coberturas verdes apresenta uma particularidade face às restantes camadas betuminosas utilizadas em terraços, deve conter um produto anti raízes. Os produtos químicos mais utilizados e, por sua vez mais eficazes, “ são os ésteres de ácido gordo, dos quais o pentaclorofenol será o mais usado”, como refere (Lopes, 2004).

A camada betuminosa deverá ser sempre em bicamada (duas camadas sobrepostas) por forma a aumentar a sua estanquidade e a diminuição dos efeitos de tração e compressão devido às variações térmicas.

O dimensionamento desta camada está condicionado ao tipo de cobertura a implementar. Os requisitos mínimos propostos pela FLL, caso aplicado geotêxtil, preveem uma densidade de  $300 \text{ g/mm}^2$  e uma espessura mínima de 2 mm. No caso de um material constituído por borracha, a espessura deverá ser de 6 mm. Se por ventura, o material utilizado for constituído por plástico (membrana betuminosa, plástico de alta densidade) deverá ter uma espessura mínima de 4 mm. Quando é utilizado geotêxtil, este deverá cumprir a norma GRK (Geotextil-Robustheits-Klassen), Tabela 2.6, “instruções para uso de geotêxtil em trabalho de terra na construção de estradas” (FLL, 2008)

Tabela 2.6- Classes de utilização dos geotêxteis (Fibertex, 2015)

GRK - Classificação	Requisitos mínimos		Aplicação
	Peso	CBR- Valor	
Classe 1	80 $\text{g/m}^2$	500	Construção - areia
Classe 2	100 $\text{g/m}^2$	1000	Construção – drenagem, entrada de garagens, terraços
Classe 3	150 $\text{g/m}^2$	1500	Infra-estruturas, construção de estradas, parques, edifícios
Classe 4	250 $\text{g/m}^2$	2500	Autoestradas, caminhos-de-ferro, edifícios, parques eólicos e materiais perfurantes
Classe 5	300 $\text{g/m}^2$	3500	Aeroportos (construção), tráfego pesado e zonas de equitação.

Toda a área de membrana betuminosa que não seja coberta por substrato deverá ser protegida por gravilha (limpa e sem cloretos) ou argila expandida. Caso este procedimento não seja cumprido, ter-se-á uma zona de fragilidade na camada de impermeabilização, pois terá uma maior exposição aos efeitos ambientais, o que provocará um maior desgaste.

Segundo a norma NTJ 11C (2012) as cargas de dimensionamento deverão estar compreendidas entre 600-1800 kPa ( $\text{kN/m}^2$ ) em coberturas verdes extensivas, entre 1500-3000 kPa no caso de coberturas semi-intensiva e superior a 6000 kPa no caso de coberturas intensivas. É de salientar que estas cargas se referem à capacidade de sustentação da carga por parte da cobertura.

A camada de impermeabilização deverá resistir às tensões por forma a evitar o esmagamento da mesma e por consequência, a diminuição da eficiência do sistema. No dimensionamento dever-se-á ter especial atenção ao tipo de acessibilidade da cobertura, ou seja, caso esta não seja visitável, a pressão deverá ser de 1000 kPa. Para uso privado, isto é, no caso de apenas ser utilizado pelos utentes

do edifício ou ser visitável com baixa frequência deverá ser 1500 kPa, e numa situação pública deverá ser realizado um estudo por forma a analisar a frequência.

### **2.3.5 Camada de proteção anti raízes**

Tem como objetivo proteger a camada de impermeabilização das raízes provenientes da herbáceas e das possíveis penetrações da mesma. Esta camada pode ser apresentada de duas formas diferentes, física ou química (Coelho, 2014). O material de proteção anti-raiz poderá ser aplicado diretamente sobre a camada de impermeabilização ou através de uma lâmina independente da mesma (NTJ 11C, 2012). Devido à possibilidade de adição de produtos anti-raízes na tela de impermeabilização, esta camada tem vindo cada vez mais a ser menos solicitada. Para que esta camada possa ser dispensada, é necessário que a camada de impermeabilização cumpra com a norma “UNE EN 13948” ou tenha em consideração as normas prescritas na FLL (NTJ 11C, 2012).

### **2.3.6 Isolamento térmico**

O isolamento térmico tem por objetivo, melhorar o comportamento térmico do edifício, mantendo a energia calorífica no interior, criando a sensação de conforto térmico e impedindo as condensações durante os períodos de menor temperatura (Raposo, 2013).

Esta camada é dispensada por diversos autores, devido à utilização do substrato (terra). Em Portugal é comum o uso de isolamento térmico, devendo cumprir requisitos importantes por forma a não diminuir a qualidade de todo o sistema e garantindo a limitação do intervalo de variação térmica na cobertura verde (Imperialum, s.d.).

A aplicação de isolamento térmico não melhora apenas o conforto térmico do interior, mas também contribui para a proteção da vegetação face às variações térmicas (Raposo, 2013).

O isolamento térmico poderá estar presente na cobertura de duas formas e pressupondo diferentes requisitos. No caso de a cobertura ser invertida, ou seja, quando o isolamento térmico se encontra sobre a membrana de impermeabilização, este deverá ser resistente à água, e como tal ser selecionado um isolamento do tipo EPS (poliestireno expandido) ou XPS (poliestireno extrudido). Na cobertura tradicional este não terá que ser resistente à água visto que se encontra sob a camada de impermeabilização, contudo deverá ser colocada uma barreira para vapor e nesta situação poderá optar-se por MW (lãs minerais, por exemplo lã de rocha), ICB (aglomerado de cortiça expandida) ou PUR (Espuma rígida de poliuretano) ou ainda PIR (espuma rígida de poliuretano poliisocianurato) (Silva, (2012) e Raposo, (2013).

### **2.3.7 Camada Drenante e Sistema de Drenagem**

A função é, tal como o nome indica, permitir o escoamento do excesso de água, evitando deste modo a acumulação de água no substrato (GRO, 2014).

Relativamente à camada drenante, tem-se assistindo a uma grande evolução face aos outros elementos do sistema. Inicialmente existiam dois grupos, um primeiro que englobava granulados de

argila expandida proveniente de xisto expandido ou de placas cerâmicas, e um segundo constituído por seixo ou placas nervuradas de poliestireno expandido (Grandão Lopes, 2004).

Nos dias de hoje o produto mais aplicado são as placas nervuradas com vasos comunicantes, pois permitem regular a quantidade de água armazenada na camada e uniformiza-la em toda a laje. Deste modo, reduz-se a probabilidade de existirem zonas localizadas na laje que tenham uma maior carga ou zonas com falta de água.

No caso de ser usado material granular, ou seja, seixo ou argila expandida, a espessura mínima recomendada é de 0,1 m. Será 0,15 a 0,2 m se a camada de substrato for superior ou igual a 0,8 m (Lopes, 2004).

De acordo com a FLL, de 2008, existem três tipos de escoamentos que se deverá ter em conta: drenagem das zonas de vegetação (Figura 2.17), drenagem das zonas sem vegetação (Figura 2.18) e utilização de sistemas de drenagem separados para áreas que tenham sido submetidos à colocação de plantas e áreas que não tenham sido sujeitas à plantação. Independentemente da área da cobertura dever-se-á ter zonas localizadas de drenagem de água na zona verde assim como zonas de transbordo de emergência, isto é, caso a camada não consiga dar resposta ao excesso de água este deverá conter uma zona específica que possibilite a drenagem, por forma a não haver transbordo ou água excessiva na cobertura.

A descarga deverá ser dimensionada para que consiga obter o efeito de autolimpeza do sistema de descarga. A combinação de sistemas de drenagem bem como diferentes tipos de cobertura no mesmo telhado deverão ser evitados por forma a não criar atrasos de pressão hidráulica. Caso existam pontos de paragem do curso de água, estes deverão ser dimensionados de forma diferente e criado um escoamento à parte do sistema de escoamento da cobertura. Devido à dificuldade de previsão de escoamento destes casos pontuais, ainda não existem especificações claras. Por forma a evitar esta ocorrência é necessário utilizar uma camada de forma com uma pendente superior, que permita minimizar o efeito do acontecimento referido anteriormente.

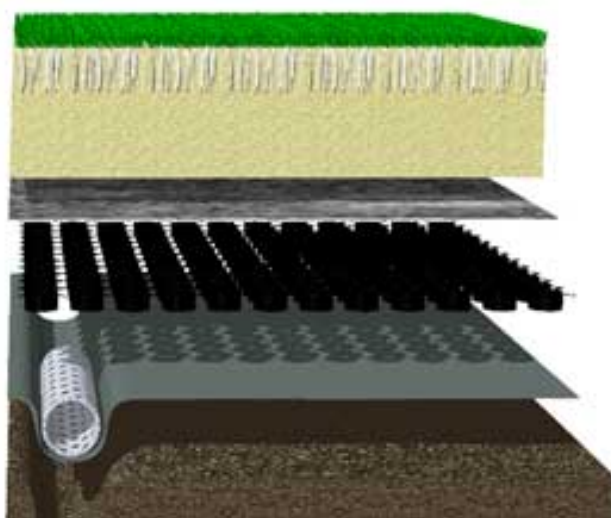


Figura 2.17- Sistema de drenagem na zona verde da cobertura (W14)





Figura 2.18- Drenagem exterior à zona verde (W15)

### 2.3.8 Camada Filtrante

Tem como função impedir a passagem dos finos ou resíduos provenientes da cobertura verde, para a camada drenante ou reservatório, assegurando deste modo um melhor desempenho da camada drenante (GRO, 2014).

O material utilizado nesta camada deverá ser de elevada permeabilidade à água, boa resistência a ações mecânicas (nomeadamente ao punçoamento e à tração) e não sofrer grandes alterações face às características do substrato. O material é o mesmo que é aplicado para a estabilização de solos, denominados por geotêxteis (Lopes, 2004).

Outro material que poderá ser utilizado é fibra de coco (Silva, 2012). É utilizada na agricultura para isolamento de plantas ao longo de um terreno de cultivo e, em alguns países, como o Brasil, como isolamento térmico (Embrapa, s.d.).

Se utilizado geotêxtil, o material mais corrente, ele deverá responder a diversos critérios que, de acordo com a FLL (2008), serão:

- Compatibilidade com o ambiente;
- Compatibilidade com as plantas utilizadas/risco fitotoxicidade (produtos químicos que poderão danificar a saúde da planta);
- Resistência ao fogo (não deverá ser inflamável);
- Densidade;
- Resistência mecânica (penetração);
- Eficiência de filtração/abertura da malha;
- Suscetibilidade de rotura;
- Resistência às intempéries;
- Resistência aos micro-organismos;
- Resistência química;
- Resistência à tração, elasticidade e coeficiente de atrito.

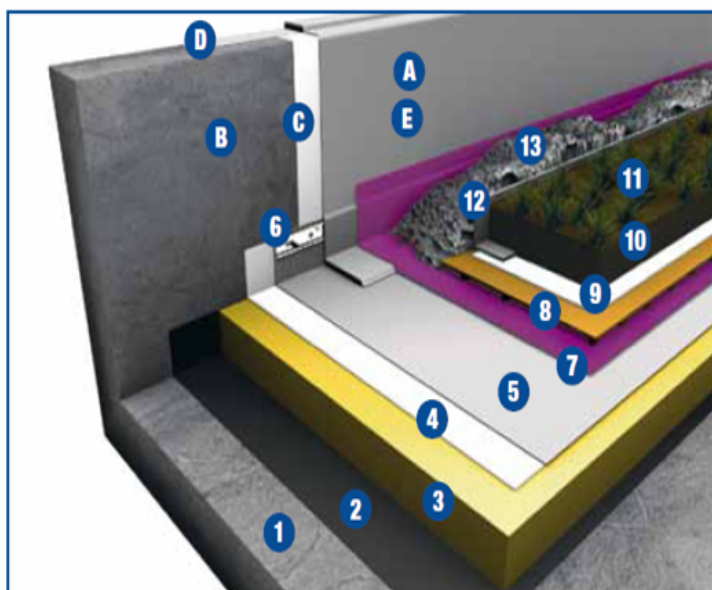


A densidade do geotêxtil nesta camada deverá ser no mínimo 100 g/m<sup>2</sup>. Para um substrato considerado corrente (espessura menor ou igual a 25 cm de e utilização de plantas pouco evasivas) deverá ter uma densidade compreendida entre 100 a 200 g/m<sup>2</sup>. Poderá ser necessário aumentar a densidade para substratos de maior dimensão (caso de coberturas intensivas) com vista a satisfazer os requisitos de penetração, resistência à tração e elasticidade.

A resistência mecânica à penetração deverá ser de 0,5 kN, pertencente à classe 1 da Tabela 2.6. Para que a filtragem seja considerada eficiente deverá corresponder a 90 % no caso dos finos, não tendo uma malha superior a 0,06 mm de diâmetro. Em casos especiais a camada deverá permitir a penetração de raízes.

De acordo com o FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V), associação de estradas e transportes alemã, o geotêxtil não é resistente às intempéries. O produtor deverá criar uma especificação por forma a certificar o tempo máximo de armazenamento ao ar livre. A resistência à ação química deverá ser facultada pelo fornecedor assim como os parâmetros de resistência à tração, elasticidade e coeficiente de atrito, por forma a ser selecionado o material que melhor satisfaz as condições da cobertura projetada.

Do ponto de vista construtivo a FLL (2008) refere critérios por forma a ter um melhor desempenho. O geotêxtil deverá subir 0,1 m para cima nas laterais, sem estar exposto ao clima exterior (intempéries). Aquando da sua colocação deverá ser aplicado o substrato logo de seguida, ou caso não seja possível, a colocação deverá ocorrer no menor espaço de tempo possível cumprindo assim as especificações do fabricante. Na Figura 2.19 é exibido a localização referente a esta camada.



Legenda da Figura 2.19

1	Camada de suporte
2	Barreira para-vapor
3	Isolamento térmico
4	Geotêxtil
5	Camada anti raiz
6	Elemento metálico
7	Geotêxtil
8	Camada drenante
9	Geotêxtil - camada filtrante
10	Substrato
11	Herbáceas
12	Perfil metálico
13	Perímetro com seixo

Figura 2.19- Exemplo de cobertura verde tradicional e todos os seus elementos (W16)

### 2.3.9 Substrato

Segundo o guia técnico internacional, FLL de 2008, há diversas considerações a ter aquando da criação da última camada do sistema, o substrato. Este pode ser dividido em três grupos, um grupo inicial, que se denomina por “mistura de solos”, Figura 2.20, caracterizado por conter topo de solo e subsolo, agregados minerais (com ou sem material orgânico e com material poroso ou densamente granular); um segundo grupo referente a “placas de substrato”, Figura 2.21, constituídos por espumas modificadas ou por fibras minerais; e o terceiro grupo que se denomina por “esteiras de vegetação”, Figura 2.22, composto por uma mistura de agregados minerais ou orgânico com malha estável ou em decomposição e com funcionalidade estrutural.



Figura 2.20 - Solo (W17)



Figura 2.21 - Placas de substrato (W18)



Figura 2.22 - Esteira de vegetação (W19)

O substrato deverá ser dimensionado e adequado ao tipo de cobertura pretendida, devendo ainda ser excluída a possibilidade de uso de plantas, arbustos e árvores, tais como: bambo, palmeiras e plantas ou árvores da família moraceae.

Segundo NJT 11C (2012) a força do vento depende de vários fatores, nomeadamente: configuração do edifício, altura, zona geográfica e da altura da cobertura verde face à cota de implantação do edifício. É necessário tomar atenção especial a edifício com altura superior a 20 metros de altura, situação esta que poderá originar a criação de remoinhos de vento, o que irá prejudicar fortemente a cobertura verde e havendo, necessidade de uma maior atenção ao dimensionamento do substrato por forma a proteger a vegetação existente no edifício em causa.

A regulamentação espanhola NTJ 11C (2012) identifica diversas zonas dentro da cobertura, tais como zona de ângulo, zona de bordo, zona de vegetação periférica e zona de vegetação central. Deverão existir estas 4 zonas, em edifícios com as seguintes características; alta exposição ao vento e/ou uma altura igual ou superior a 20 m.

## 2.4 Anomalias

As anomalias construtivas e o pouco cuidado na construção são os maiores fatores para a redução de qualidade da cobertura verde, como tal dever-se-á ter um cuidado especial na aplicação da cobertura verde. Deverão ser cumpridas as documentações técnicas mais relevantes, como por exemplo, FLL. Por vezes existem casos especiais não previstos neste tipo de documentação como, por exemplo, uma torneira de rega que não sele corretamente poderá originar, a longo prazo, a perfuração do sistema e criar um ponto de fragilidade na cobertura.

Segundo Coelho (2014), as anomalias poderão ser separadas por camadas, no entanto, o leitor deverá ter em atenção que a cobertura é um sistema e como tal comporta-se como um grupo, ou seja, a presença de uma anomalia numa camada do sistema poderá originar outra anomalia na camada subsequente. As anomalias mais comuns na camada de suporte são expostas na Figura 2.23.

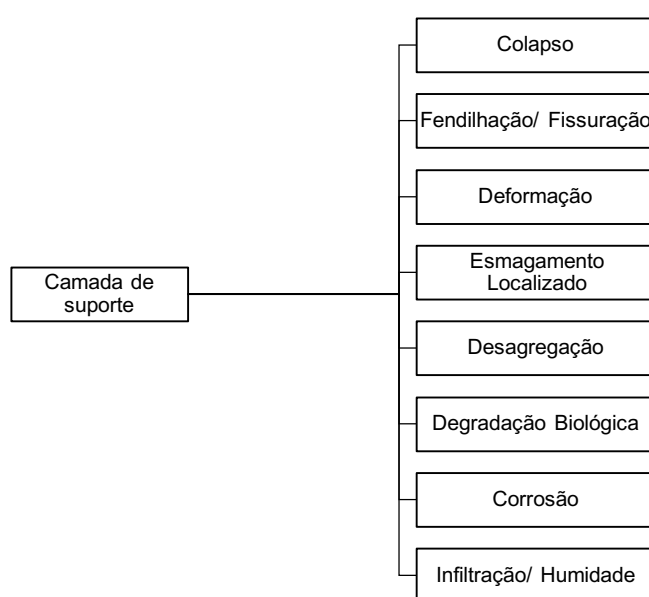


Figura 2.23- Anomalias da camada de suporte (FLL, 2008), (NTJ 11C, 2012), (Coelho, 2014),

A camada de impermeabilização é uma das camadas a que se deve dar especial atenção aquando da sua instalação, devendo, a equipa de instalação ser especializada e ter formação sobre a aplicação da mesma.

É realizado um teste após a aplicação desta camada, designado por teste de estanqueidade, que consiste no enchimento da cobertura através de uma lâmina de água. O enchimento deverá ser realizado de forma cuidada por forma a evitar impactos que danifiquem a impermeabilização. Deverá ter uma duração média de 72 horas, intervalo de tempo suficiente para avaliar a existência de perdas de água ou não. (Sedório & Paulo, s.d.)

Segundo Coelho (2014), as anomalias mais frequentes na camada de impermeabilização são as expostas na Figura 2.24.

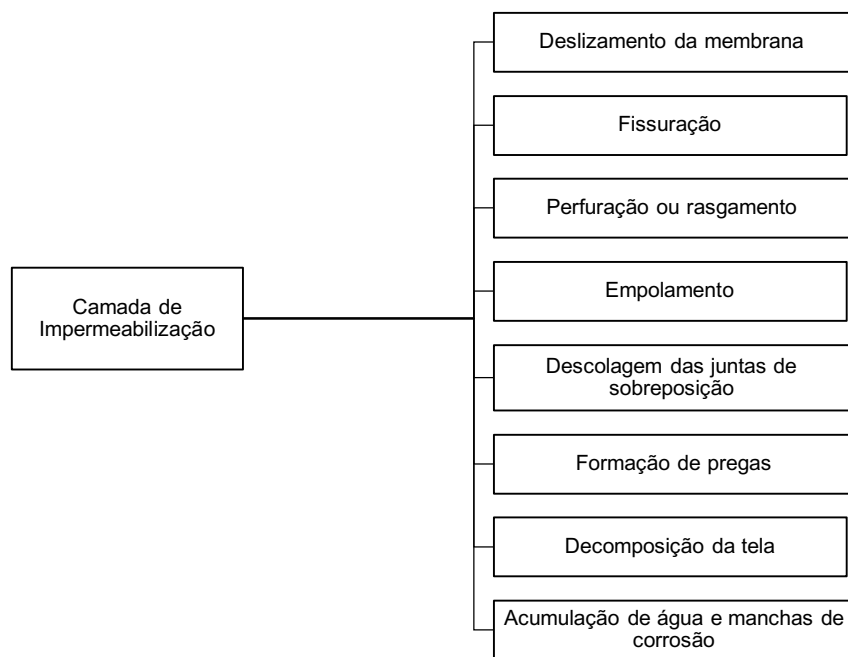


Figura 2.24- Anomalias na camada de impermeabilização (NTJ 11C, 2012), (FLL, 2008), (Coelho, 2014)

Nas restantes camadas, drenante, filtrante e anti raízes (caso exista), as principais anomalias que poderão ocorrer são as referidas na Figura 2.25.

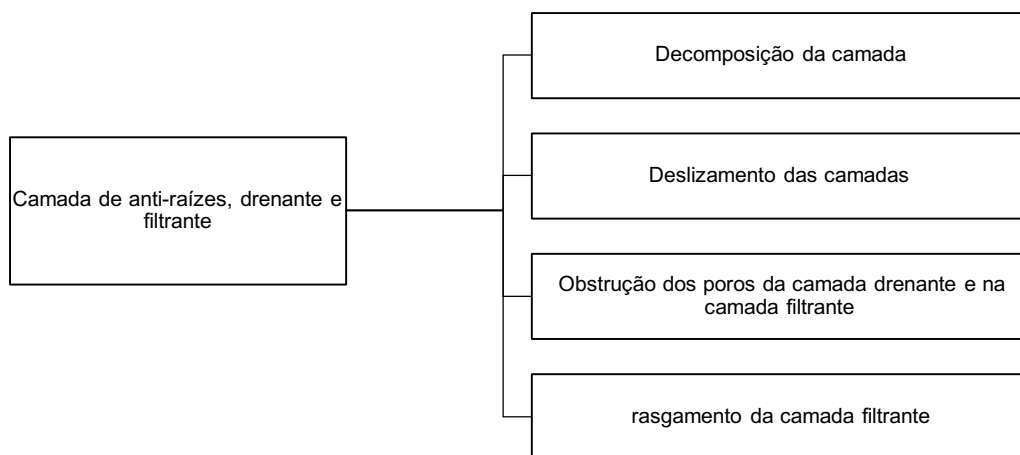


Figura 2.25- Anomalias nas camadas anti raízes, drenante e filtrante (Coelho, 2014) (NTJ 11C, 2012), (FLL, 2008),

Em relação ao substrato e vegetação, existem diversas anomalias que poderão ser causados por múltiplos fatores não provenientes da instalação do mesmo. Na Figura 2.26 são referidas algumas das anomalias mais frequentes no substrato.

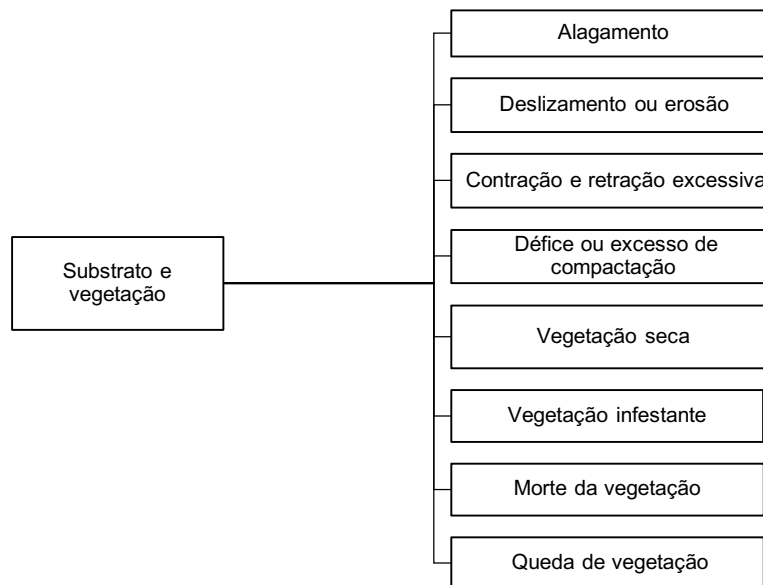


Figura 2.26- Anomalias do substrato e vegetação (Coelho, 2014), (Tolderlund, 2010), (FLL, 2008)

## 2.5 Desempenho das coberturas verdes

A análise do desempenho técnico das coberturas verdes deve obedecer ao nível de exigências consideradas na elaboração do projeto de execução e da construção. Para tal, existem diversos guias técnicos e normas que especificam as condições mínimas a respeitar na elaboração de projetos. Com base nos guias técnicos FLL (2008) e GRO (2014) e na norma NTJ 11C (2012) foram analisados os diferentes critérios indicados para cada tipologia de cobertura verde.

Neste subcapítulo apenas serão abordados os pré-dimensionamentos ou os requisitos base que os materiais presentes no sistema multicamada devem possuir.

### 2.5.1 Cobertura extensiva

Na Tabela 2.7 são apresentados alguns requisitos base que deverão ser respeitados. No entanto, estes requisitos não avaliam as normas necessárias para poderem ser avaliados em casos específicos como, por exemplo, as resistências à compressão e à penetração de raízes. O pré-dimensionamento serve essencialmente para se efetuar a primeira triagem na escolha dos materiais, bem como a espessura das camadas. Tem também como função adjacente, auxiliar o projetista e o construtor durante a elaboração do projeto de execução e da construção da cobertura verde. Há que ter em conta os requisitos mínimos a cumprir na elaboração do projeto, bem como o momento para execução da cobertura verde. É de salientar que os parâmetros a seguir apresentados apenas são pré-requisitos base.

Tabela 2.7- Pré-requisitos de dimensionamento de uma cobertura do tipo extensiva

Guias Técnicos	Camadas	Requisitos de pré seleção ou pré dimensionamento
FLL, 2008	Camada de Impermeabilização	Resistência à hidrólise: Sim. Espessuras para diferentes materiais: <ul style="list-style-type: none"> <li>geotêxtil - <math>\geq 2\text{mm}</math> com densidade <math>300\text{ g/mm}^2</math>, camada</li> <li>betuminoso <math>\geq 6\text{mm}</math>;</li> <li>constituintes de plástico <math>\geq 4\text{mm}</math>.</li> </ul>
	Camada Drenante	
	Camada Filtrante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peso recomendado <math>100\text{ g/m}^2</math> e <math>100</math> a <math>200\text{ g/m}^2</math> para camada de substrato superior a <math>25\text{cm}</math>;</li> <li>Resistência à penetração igual ou superior a <math>0,5\text{ kN}</math>;</li> <li>Deverá reter cerca de <math>90\%</math> do solo;</li> <li>Deverá respeitar a norma "DIN EN 12225", face à resistência a microrganismos.</li> </ul>
	Substrato e vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deverá ser combinado com argila, no entanto, o diâmetro máximo deverá ser de <math>0,063\text{ mm}</math> no máximo <math>20\%</math> do total de substrato;</li> <li>Constituído por apenas uma camada que deverá ter um armazenamento de água médio baixo e bastante rico em nutrientes;</li> <li>Referente ao material orgânico presente no substrato, este deverá ser inferior a <math>65\text{ g/l}</math>; caso seja apenas constituído por um substrato deverá ser inferior <math>40\text{ g/l}</math>;</li> <li>ph entre <math>6,0</math> e <math>8,5</math>.</li> </ul>
NTJ 11C, 2012	Camada de Impermeabilização	Capacidade resistente para cargas distribuídas entre $60$ e $180\text{ N/m}^2$
	Camada Drenante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estrutura estável e durável (igual à durabilidade de todo o sistema);</li> <li>Química e fisicamente estável;</li> <li>Capacidade de suporte das cargas provenientes das camadas adjacentes.</li> </ul>
	Camada Filtrante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidade de suporte de uma carga hidráulica de <math>10\text{ cm}</math> de espessura;</li> <li>Resistência à penetração de <math>0,5\text{ kN}</math>;</li> </ul>
	Substrato e vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espessura mínima de <math>7\text{ cm}</math>;</li> <li>Utilização de vegetação de pequena dimensão;</li> <li>Permeabilidade: multicamada - <math>0,6 - 70\text{ mm/min}</math> (<math>\sim 36\text{ l/m}^2/\text{h}</math>), monocamada - <math>60-400\text{ mm/min}</math> (<math>\sim 3600\text{ l/m}^2/\text{h}</math>)</li> </ul>
GRO, 2014	Camada de Impermeabilização	Caso seja utilizado geotêxtil este deverá ter uma espessura entre $0,2$ e $1,2\text{ cm}$ .
	Camada Drenante	
	Camada Filtrante	
	Substrato e vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espessura variável entre <math>2</math> e <math>20\text{ cm}</math>. De deferir que a espessura mínima apresentada foi adotada com base na FLL. A espessura do substrato depende do tipo de herbáceas usadas na cobertura.</li> <li>Máximo de <math>20\%</math> de matéria orgânica;</li> </ul>

De acordo com a Tabela 2.7, verifica-se que os três documentos técnicos consultados indicam que a camada de impermeabilização deverá ser constituída por uma camada betuminosa com uma espessura superior a 6 mm, sendo constituída por bi-camada. A resistência deverá ser superior a 1 kN, pois terá de aguentar maiores tensões do que as camadas superiores constituintes do sistema. Em relação à pressão, este não é um aspeto indispensável a ter em conta, já que as plantas utilizadas neste tipo de cobertura são pouco evasivas, havendo apenas de considerada a resistência ao esmagamento (critério dependente da regularidade de manutenção da cobertura e visitação).

A camada drenante deverá ser preferencialmente do tipo “couvet” com vasos ligantes. Deste modo é garantido um nível de água mínimo necessário ao bom desempenho da cobertura a nível da manutenção das herbáceas. Os vasos deverão ser comunicantes para não existirem cargas alternadas na laje, ou seja, a carga devido à água deverá ser distribuída uniformemente por toda a laje. Caso se opte por uma camada drenante granular, esta deverá passar por diversos testes e limpezas para retirar todo o tipo de impurezas que poderão provocar instabilidades químicas com as camadas do sistema. A sua espessura no mínimo, deverá ser de 10 cm e máximo de 20 cm, caso o seixo tenha um diâmetro inferior a 0,68 cm. A pendente mínima deverá ser 2%, sendo aconselhável um valor médio de 5% pois permite ultrapassar erros de construção da pendente, para além de melhorar a facilidade de escoamento.

A camada filtrante deverá ter uma densidade de igual ou superior a 100 g/mm<sup>2</sup> e deverá ter uma resistência mecânica superior a 1 kN.

O substrato deverá ter no mínimo 5 cm de altura por forma a conseguir suportar e armazenar uma quantidade significativa de água bem como para servir de isolamento térmico.

## 2.5.2 Cobertura semi-intensiva

Este tipo de cobertura verde é um caso específico, pois nem todos os guias técnicos preveem a sua construção já que se encontra num nível de exigências intermédio.

Este tipo de cobertura é caracterizado pela possibilidade de uso de diversos tipos de plantas, tal como foi referido anteriormente e poderá conter pequenos arbustos e plantas de maior dimensão.

De acordo com a análise anterior, foram igualmente selecionados para expor os pré-requisitos para uma tipologia de cobertura semi-intensiva os guias técnicos FLL, GRO e norma NTJ 11C.

Os pré-requisitos são exibidos na Tabela 2.8.

Tabela 2.8- Pré-requisitos de dimensionamento de uma cobertura do tipo Semi-Intensiva

Guias Técnicos	Camadas	Requisitos de pré seleção ou pré dimensionamento
FLL, 2008	Camada de Impermeabilização	Adotado na cobertura extensiva.
	Camada Drenante	
	Camada Filtrante	Adotado na cobertura extensiva.
	Substrato e vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Superior a 12 cm;</li> <li>Devido à diversidade de plantas presentes na cobertura a mistura de substrato na cobertura poderá ser variável.</li> </ul>

Tabela 2.9- Pré-requisitos de dimensionamento de uma cobertura do tipo Semi-Intensiva (continuação)

NTJ 11C, 2012	Camada de Impermeabilização	Capacidade resistente para cargas de valor: 150-350 N/m <sup>2</sup> .
	Camada Drenante	
	Camada Filtrante	Capacidade suporte de uma carga hidráulica de 10 cm.
	Substrato e vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espessura compreendida entre 10 e 25 cm;</li> <li>• Vegetação rasteira ou de pequena altura.</li> </ul>
GRO, 2014	Camada de Impermeabilização	
	Camada Drenante	
	Camada Filtrante	
	Substrato e vegetação	Espessura entre 10 e 20 cm.

Sendo esta uma tipologia intermédia entre os tipos extensivo e intensivo, dever-se-á criar um ponto de equilíbrio entre ambos os requisitos por forma a não originar um pré-dimensionamento demasiadamente excessivo ou demasiadamente fraco. Um mau dimensionamento coloca em causa o custo excessivo ou a fraca qualidade e a diminuta garantia da cobertura.

De acordo com a Tabela 2.8, e fazendo uma análise com a tipologia anterior, verifica-se a variação de carga prescrita na NTJ 11C para a cobertura extensiva e semi-intensiva é afetada por fator de aproximadamente 1,7. Como tal, as espessuras e resistências a requer foram afetadas por esse fator. A camada de impermeabilização deverá ter uma camada betuminosa (preferencialmente) e uma espessura superior a 12 mm sendo constituída por bi-camada. A resistência à compressão simples deverá ser superior a 1,5 kN, pois terá de suportar maiores tensões do que as camadas superiores constituintes do sistema. A resistência à penetração deverá ser na ordem de 2 kN, pois neste tipo de cobertura poderão ser utilizadas plantas mais evasivas ou com raízes mais profundas. Ainda assim, deverá ter-se sempre em atenção a seleção das plantas optando por raízes, embora profundas, expansivas e não perfurantes. Este critério de seleção irá minimizar o risco de perfuração da membrana, pois caso as plantas selecionadas tenham raízes de perfuração irão agravar significativamente a resistência e a subsistência de todo o sistema. É de salientar que este tipo de cobertura tem uma maior regularidade nas visitas de manutenção do que a expansiva.

A camada drenante deverá ser preferencialmente do tipo “couvet” com vasos comunicantes com uma altura mínima de 3 cm. Neste tipo de cobertura é também aconselhável utilizar uma camada de seixo entre a camada filtrante e a camada drenante. Isto é, deverão existir duas telas filtrantes, sendo que a tela superior deverá ter uma maior resistência que a inferior. O motivo pelo qual é proposto esta subcamada deve-se à profundidade que as raízes de algumas herbáceas poderão alcançar. Deste modo a existência desta subcamada irá permitir que as raízes envolvam os seixos e deste modo não penetrem com tanta violência nas restantes camadas.

A camada filtrante é recomendável que tenha pelo menos uma densidade de 200 g/mm<sup>2</sup>, uma resistência à tração de 2 kN e uma resistência à penetração de 4 kN.

É conveniente que o substrato tenha uma altura superior ou igual a 15 cm, permitindo a colocação em algumas zonas da cobertura herbáceas com maior dimensão. No entanto, esta colocação deverá ser efetuada tendo em conta o seu tipo de raiz e a altura prevista para a mesma.



Neste tipo de cobertura a planta não deverá ser superior a três vezes a dimensão do substrato (caso este não tenha uma platibanda suficientemente alta por forma a proteger até metade do arbusto mais alto da cobertura), devido ao momento a que poderá ser sujeita aquando da ação do vento. (Hui, 2011)

### 2.5.3 Cobertura intensiva

A Cobertura Intensiva é aquela que terá maiores requisitos a nível material e estrutural. O seu pré-dimensionamento é mais exigente do que as tipologias anteriormente apresentadas, tal como foi referido no subcapítulo 2.1.2.

Na Tabela 2.9 é apresentado os pré-requisitos referidos nos guias técnicos e norma com maior relevo. Verifica-se que alguns pré-requisitos são semelhantes a tipologias com um grau de exigência menor, no entanto, é novamente necessário referir de que se trata de um pré dimensionamento e que os testes a que os produtos são sujeitos e o método construtivo poderá alterar o pré dimensionamento.

Tabela 2.9- Pré-requisitos de dimensionamento de uma cobertura do tipo Intensiva

Guias Técnicos	Camadas	Requisitos de pré seleção ou pré dimensionamento
FLL, 2008	Camada de Impermeabilização	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistência hidrológica;</li> </ul> Espessura para diferentes tipos de materiais (idêntico à camada extensiva): <ul style="list-style-type: none"> <li>geotêxtil - <math>\geq 2\text{mm}</math> com densidade <math>300\text{g/mm}^2</math>, camada;</li> <li>betuminoso <math>\geq 6\text{mm}</math>;</li> <li>constituintes de plástico <math>\geq 4\text{mm}</math>.</li> </ul>
	Camada Drenante	Adotado na Cobertura Extensiva.
	Camada Filtrante	Adotado na Cobertura Extensiva.
	Substrato e vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deverão ser considerados dois tipos de substratos, um superior e outro inferior. O inferior deverá conter pouco material orgânico e pouca capacidade de retenção de água;</li> <li>Caso seja utilizado apenas um tipo de substrato este deverá ter pouca capacidade de armazenamento de água e ser bastante rico em nutrientes;</li> <li>Deverá ser combinado com argila, no entanto o diâmetro máximo deverá ser de <math>0,063\text{ mm}</math> e apenas <math>15\%</math> do total de substrato;</li> <li>Referente ao material orgânico presente no substrato este deverá ser inferior a <math>90\text{ g/l}</math>. Caso seja apenas constituído por um substrato deverá ser inferior <math>40\text{ g/l}</math>;</li> <li>ph entre 6,0 e 8,5.</li> </ul>
NTJ 11C, 2012	Camada de Impermeabilização	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suportar carga <math>&gt;600\text{ N/m}^2</math>;</li> <li>Proteção com recurso a cascalho (zonas sem substrato): espessura mínima de <math>5\text{cm}</math> com cascalho de dimensão mínima de <math>10\text{mm}</math>;</li> </ul>
	Camada Drenante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espessura compreendida entre <math>[2-12]\text{ mm}</math>;</li> </ul>
	Camada Filtrante	Capacidade suporte de uma carga hidráulica de $10\text{cm}$ ;
	Substrato e vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espessura superior a <math>60\text{cm}</math>;</li> <li>Vegetação de médio e alto porte;</li> </ul> Permeabilidade: multicamada – $0,3 - 30\text{ mm/min}$ ( $\sim 18\text{l/m}^2/\text{h}$ ), monocamada – $60-400\text{ mm/min}$ ( $\sim 3600\text{l/m}^2/\text{h}$ )

Tabela 2.10 - Pré-requisitos de dimensionamento de uma cobertura do tipo Intensiva (continuação)

Guias Técnicos	Camadas	Requisitos de pré seleção ou pré dimensionamento
GRO, 2014	Camada de Impermeabilização	
	Camada Drenante	
	Camada Filtrante	
	Substrato e vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espessura variável entre [15 a 200] cm. A espessura do substrato é dependente do tipo de herbáceas usadas na cobertura.</li> </ul>

De acordo com a Tabela 2.9 e comparando com a tabela 2.9, verifica-se que a carga a suportar para uma cobertura intensiva é 1,7 vezes superior à carga a suportar para uma cobertura semi-intensiva. Deste modo, todas as espessura e resistência foram afetadas por esse valor. Verifica-se que a camada de impermeabilização necessitará de ter uma espessura mínima de 20 mm. Há semelhança das outras coberturas deverá ser bi-camada, já que se trata do método mais eficaz para suprir possíveis falhas construtivas ou para eliminar pontos fracos aquando da colocação da tela. A membrana betuminosa deverá resistir a uma compressão simples de 3 kN. A espessura da camada é definida através do tipo de cobertura existente sob a tela, ou seja, quando se aumenta o nível da tipologia de cobertura esta sofrerá alterações de acordo com o objetivo que se pretende. Apesar de não referir espessura, a NTJ 11C (2012) refere que deverá resistir a uma carga superior, como tal, dever-se-á ter em atenção essa indicação.

A camada drenante, à semelhança das tipologias anteriormente descritas, deverá ser preferencialmente do tipo “couvet” com vasos comunicantes. A altura média desta camada deverá ser 8 cm. Assim, garante-se que o sistema de rega, bem como a retenção de água, irá funcionar de forma eficaz. Há semelhança da tipologia semi-intensiva deve-se considerar a colocação de uma subcamada de seixo com cerca de 4 cm, pelos mesmos motivos apresentados anteriormente. Deverá de igual modo existir uma pendente mínima de 5 %.

A camada filtrante deverá ter uma densidade igual ou superior a 200 g/mm<sup>2</sup>, resistência à tração de 3kN e uma resistência à penetração de 4kN. Caso se opte pela subcamada de seixo, deverão existir duas camadas filtrantes, uma entre o seixo e o substrato e outra entre a camada drenante e o seixo.

O substrato, deverá ter uma altura igual ou superior a 50 cm, pois a cobertura terá herbáceas ou até mesmo árvores de dimensão considerável. Esta colocação deverá ser efetuada tendo em conta o seu tipo de raiz bem como a altura prevista para a mesma. Neste tipo de cobertura a altura da planta/árvore não deverá ser superior a duas vezes a dimensão do substrato, caso não tenha platibanda.

## 2.6 Síntese do capítulo

Através da análise do seu clima característico pode-se observar que os países onde a taxa de utilização de coberturas verdes é superior pertencem aos climas do tipo “Clima temperado Marítimo ou Oceânico” e “Clima Equatorial”. Os países que possuem a este tipo de clima têm por norma políticas de incentivo ou obrigatoriedade à construção de coberturas verdes

Através da análise do pré-dimensionamento reproduzido nos diversos guias técnicos, bem como nas normas, pode verificar-se que o nível de exigência cresce consoante a tipologia de cobertura adotada.

Outro fator que pode ser comprovado é a falta de pré-requisitos para a tipologia de cobertura semi-intensiva. O motivo pelo qual esta tipologia ainda não tem pré-dimensionamento deve-se ao facto de ser próxima dos níveis de exigência de uma cobertura intensiva. No entanto, se for aplicado o pré-dimensionamento da cobertura intensiva a uma semi-intensiva, pode-se aumentar o custo da cobertura desnecessariamente e caso se apliquem os requisitos de uma cobertura extensiva, pode-se por em causa todo o sistema da cobertura verde.

Outro caso que é facilmente verificado através da consulta das tabelas anteriormente expostas é a espessura crescente do substrato. Os motivos que levam a que este seja variável estão diretamente relacionados com o tipo de vegetação que o construtor poderá colocar sobre esta.

Pode-se de igual modo verificar que o pH do solo é referido no guia técnico internacional FLL (FLL, 2008). É importante salientar que todas os guias técnicos e norma anteriormente referidas contêm pré-requisitos para a espessura do substrato muito próximos entre eles.

A FLL refere um pré-dimensionamento a nível de camadas, à exceção do substrato, idêntico a todas as tipologias de coberturas verdes.

A norma NTJ 11C, referencia as cargas que as diferentes tipologias de coberturas verdes irão produzir na laje e identifica diferentes espessuras para maioria das camadas do sistema.

A GRO, entre os documentos técnicos anteriormente referidos, é certamente aquela que contém menos informação, no entanto, ao consultar este guia técnico verifica-se que este é baseado na FLL e, como tal, faz referência a este nos diversos parâmetros de pré-dimensionamento.



### 3 Análise de mercado

#### 3.1 Considerações iniciais

Existem diversas normas internacionais e nacionais. Por forma a ser possível analisar os produtos existentes no mercado foram selecionadas diversas normas técnicas, do tipo, “DIN” ou “UNE EN” referenciadas no guia técnico FLL (2008) e na norma NTJ 11C (2012). Foi também tido em conta a informação retirada dos pré-requisitos presentes no subcapítulo 2.5 assim como os pré-requisitos elaborados através destes.

Ao longo deste capítulo irá ser realizado o levantamento de um número significativo de produtos disponíveis no mercado para utilização num sistema multicamada de cobertura verde. As camadas selecionadas foram a de impermeabilização, a drenante e a filtrante. Apesar do sistema contemplar outras camadas, foram estas as selecionadas para o estudo do mercado, pois é onde existe uma maior diversidade de produtos e onde, caso existam erros a nível da instalação e da qualidade do produto, irá comprometer o desempenho da cobertura. É também importante referenciar que caso exista uma deficiência numa destas camadas, a sua reparação ou modificação será mais onerosa e mais demorada. A camada anti raiz não foi avaliada pois pretendeu-se que um dos fatores diferenciadores fosse a capacidade de resistência à penetração de raízes, visto que a camada de impermeabilização poderá conter aditivos que possibilitem a eliminação desta camada. O isolamento térmico também não foi avaliado, pois não é um elemento crítico na cobertura verde.

Numa segunda fase deste capítulo serão abordados os “kits” existentes no mercado, que são normalizados e comercializados como um conjunto de diversas camadas. Têm como vantagem inicial a garantia do conjunto, ou seja, não é necessário analisar a compatibilidade das camadas constituintes.

#### 3.2 Levantamento de produtos disponíveis no mercado

O estudo do mercado teve por base a consulta de 12 empresas, perfazendo um total de 94 produtos. Para a camada de impermeabilização foram analisados um total de 53 produtos, para a camada drenante 11 e para a camada filtrante 30.

Deste modo foi possível fazer uma comparação entre os requisitos normativos previstos nos guias técnicos e na norma com os produtos presentes no mercado.

Considere-se, segundo este levantamento de produtos(Tabela 3.1), a seguinte tabela:

Tabela 3.1– Levantamento de produtos

Empresas	Camadas		
	Impermeabilização	Drenante	Filtrante
ALWITRA	3	0	0
BARRETT ROOFS	2	0	0
DANOSA	13	2	9
FIRESTONE	1	0	0
IMPERALUM	9	1	5
PROTAN	2	0	0

Tabela 3.1– Levantamento de produtos (continuação)

RENOLIT WATERPROOFING	2	0	0
RESITRIX	5	0	0
SIKA	2	0	0
TEXSA	6	0	4
SOTECNISOL	8	3	6
OPTIGREEN	0	5	6
TOTAL	53	11	30

A empresa **ALWITRA** é uma empresa produtora de membranas de impermeabilização sintéticas de cor preferencialmente clara. A utilização de uma cor clara tem como vantagem a minimização do aumento da temperatura no interior do edifício. Os produtos referenciados na Tabela 3.2, EVALON V e EVALON VG, são ambas membranas que consistem de uma liga de polímero elevado de terpolímero de etileno acetato de vinilo (EVA) e um material termoplástico, o policloreto de polivinila (PVC). No entanto, o EVALON V é constituído por uma proteção de feltro de poliéster e o EVALON VG por uma proteção de poliéster / vidro. As membranas Evalon VSK (Figura 3.1) são também membranas de impermeabilização com um feltro de poliéster e um composto de revestimento adesivo sintético. A sua cobertura é de betume isento de solvente e coberto de uma película protetora, conforme demonstra a figura 3.1 (Alwitra, s.d.).



Figura 3.1- Evalon VSK (W20)

Na empresa **BARRETT ROOFS** (sediada E.U.A.) apresenta dois produtos de impermeabilização: o primeiro produto, intitulado por Ram-Toug 250 (Figura 3.2), é constituído por material termoplástico e caracterizado como resistente membrana inflexível e flexível, composta de polímeros de borracha SBS (estireno-butadieno-estireno) e asfalto não oxidado. O segundo produto, designado por Ram 200, é composto por multicamadas de poliéster reforçado, com superfície em areia. (Barrett Roofs, s.d.).



Figura 3.2- RAM-Toug 250 (W21)

A **DANOSA** é produtora de membranas de impermeabilização, referidos na Tabela 3.2, os produtos diferem na sua maioria na sua composição e podem ser membranas de superfície auto protegidas ou não protegidas (Danosa, s.d.).

ESTERDAN 40/GP POL (Figura 3.3), GLASDAN 40/GP POL, são membranas impermeabilizantes betuminosas de superfícies auto protegidas, no entanto, a primeira tem uma armadura de feltro de poliéster reforçado e a segunda tem um armadura de feltro de fibra de vidro (Danosa, s.d.). Já os produtos ESTERDAN 40 P POL, IMPERDAN FV 30 P (10X1), IMPERDAN FP 40 P (10X1), ESTERDAN FM 30 P ELAST., POLYDAN 180-40 P ELAST. e ESTERDAN 48 P ELAST., são exemplos de membranas betuminosas não protegidas (Figura 3.4) e são compostas por uma armadura de feltro de poliéster reforçado. IMPERDAN FV 40 P (10X1), GLASDAN 40 P POL são também membranas não protegidas (Figura 3.4), contudo compostas por uma armadura de feltro de fibra de vidro.



Figura 3.3- Membrana de superfície auto protegida - ESTERDAN 40/GP POL (W22)



Figura 3.4- Membranas de superfície não protegidas - ESTERDAN 40 P POL (W23)

Na camada drenante ambos os produtos, Danodren R-20 (Figura 3.5) e Danodren Jardín (Figura 3.6), são fabricadas em polietileno de alta densidade (PEAD), contudo o Danodren R-20 é uma lâmina nodular e é composto por nódulos de 20 mm de altura e o Danodren Jardín trata-se de uma membrana nodular com 7,3 +/- 0,2 mm de altura (Danosa, s.d.).

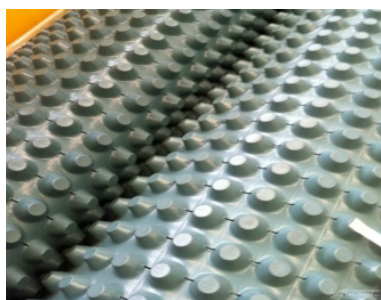


Figura 3.5- Danodren R-20 (W24)



Figura 3.6- Danodren Jardín (W25)

Quanto aos produtos filtrantes que comercializa são todos geotêxteis não-tecidos (Figura 3.7), formados a 100% polipropileno ou por fibra curta de poliéster. Os produtos formados por fibra curta de poliéster têm como finalidade proteção da impermeabilização em coberturas, estruturas enterradas e filtragem de terrenos (DANOFELT PY 120, DANOFELT PY 400, DANOFELT PY 300, DANOFELT PY 200; DANOFELT PY 150), ao passo que nos produtos formados a 100% de polipropileno tem uma função mais abrangente onde poderão ser utilizados em vários domínios da construção (DANOFELT PP 160; DANOFELT PP 125; DANOFELT PP 90; DANOFELT PP 200) (Danosa, s.d.).



Figura 3.7- Geotêxteis não-tecidos (W26)

Da empresa **FIRESTONE**, é demonstrado na Tabela 3.2 o produto Ultraply TM TPO roofing membrane, como produto de impermeabilização, cuja membrana sintética é feita de termoplástico de poliolefina flexível (TPO), ou seja, uma mistura de polímeros, constituídos por uma fração de polipropileno (PP), polietileno (PE), copolímero polipropileno em blocos (BCPP), borracha e um enchimento de reforço. É ainda produzida com armadura de feltro de poliéster reforçado (Firestone, s.d.).

Na empresa **IMPERALUM**, são referidos produtos de impermeabilização, bem como de drenagem. Referente aos produtos de impermeabilização, todos eles são compostos por armaduras de feltro de poliéster, contudo, a sua constituição distingue-se na sua mistura betuminosa. Os produtos POLYXIS R50 Garden, POLYXIS R40 Garden, POLYSTER 40 Garden, são constituídos por uma mistura betuminosa que contém betume modificado APP AVANCE com aditivo anti raízes, onde é potenciada para o uso em altas temperaturas. Os produtos com a indicação “T”, respetivamente, POLYSTER 50 T Garden, bem como POLYSTER 40 T, têm a mesma constituição e foram também desenvolvidos para altas temperaturas, todavia não são compostas pelo aditivo anti raízes. Os produtos



com a descrição “FP” estão elaborados por betume modificado com polímero elastómero SBS, aditivos e filler (Imperialum, s.d.).

O PLATON DE25 (Figura 3.8), produto drenante, é formado por uma placa em PEH guarnecida com canais comunicantes em ambas as direções entre grânulos, por forma a criar uma camada de drenagem e armazenamento de água numa cobertura ajardinada (Imperialum, s.d.).

Na **PROTAN AS**, foram mencionados dois tipos de produtos diferenciados no que se refere á camada de impermeabilização, um propenso para coberturas verdes (PROTAN SE 1,6 Titanium +) cuja designação de material utilizado PVC-P, estruturado com feltro de fibra de vidro, e outro vocacionado para a resistência à penetração de raízes (PROTAN G) com o mesmo material utilizado mas composto por um núcleo de poliéster têxtil (Imperialum, s.d.).



Figura 3.8- Platon DE25 (W27)

As membranas ALKORPLAN F 35276 são fabricadas pela empresa **RENOLIT WATERPROOFING**, e destinam-se a ser utilizadas na impermeabilização de coberturas, em sistemas de camada única fixados mecanicamente a suportes resistentes constituídos por chapas de aço nervuradas. São constituídas por uma resina de PVC plastificado incompatível com betume e integram uma armadura de poliéster tecido. O outro exemplo referido, respetivamente ALKORPLAN 35177, é constituído igualmente por uma resina de PVC plastificado incompatível com o betume, mas integra uma armadura de feltro de fibra de vidro. Estes destinam-se a ser utilizados na impermeabilização de coberturas, em sistemas de camada única com proteção pesada (Renolit, s.d.).

RESITRIX® CL material produzido pela empresa **RESITRIX**, para coberturas planas e cuja membrana impermeabilizante é composta por borracha com um núcleo de EPDM, que consiste nas aplicações de colagens a quente e a frio. A parte inferior tem um polímero modificado de revestimento de betume com um acabamento em areia fina.

RESITRIX® MB é uma membrana de borracha composta com um núcleo de EPDM, projetado especificamente para fixação mecânica. A parte inferior tem um revestimento de betume modificado com polímero, com PE (Polietileno) e filme de acabamento (Resitrix, s.d.).

RESITRIX® SK Partial Bond, com as mesmas composições atrás descritas igualmente composto de borracha com um núcleo EPDM, cuja parte inferior é parcialmente revestida de betume modificado com polímero, e filme de acabamento.

A descrição dos produtos Sika-Trocal SgmA 2.0 mm e Sika-Trocal SgmA 1.5 mm comercializados pela empresa **SIKA** são semelhantes. Membranas poliméricas para impermeabilização de coberturas de diversas camadas, à base de PVC e com embutimento tecido não tecido (TNT), Figura 3.9, (non-woven). O TNT é constituído por polipropileno e viscose (POLIBAGTCL, 2014). Estas membranas de impermeabilização são utilizadas em coberturas planas, coberturas verdes e zonas com tráfego pedestre (Sika Group, s.d.).



Figura 3.9- TNT (W28)

Da **TEXSA** avalia-se materiais para a impermeabilização e para a filtragem. MORTERPLAS FP-T 6KG MINERAL é uma membrana impermeabilizante auto protegida, de betume plastómero (APP), permitindo durabilidade e grande resistência perante agentes atmosféricos. Formada com uma armadura de não-tecido de feltro de poliéster para conferir melhores propriedades mecânicas. O material MORTERPLAS FP 4 KG Garden exhibe as mesmas características com o acrescento de tratamento anti raízes, protegendo a impermeabilização contra a ação das mesmas (raízes). Relativamente aos produtos MOPLY N PLUS FP 4 KG e MOPLY N PLUS 3 Kg AL, são caracterizados como membranas impermeabilizantes de betume modificado com polímeros APP e flexibilidade em frio (-10°C). A primeira com armadura de feltro de poliéster e acabamento em filme termofusível em ambas as faces, a segunda sem armadura e acabamento na face inferior em filme termofusível e na face superior com acabamento em alumínio gofrado de cor natural. Como membrana sintética de PVC-P, foi referido o produto FLAGON A, obtida por extrusão, utilizando polímeros plastificantes resistentes a hidrocarbonetos e não resistente aos raios UV (Texsa, s.d.).

Como camada filtrante, todos os materiais referidos na Tabela 3.4 respeitantes á empresa TEXSA desfrutam das mesmas particularidades, nomeadamente como geotêxteis (Figura 3.10) não tecidos fixos com tratamento térmico, compostos de fibras 100% de polipropeno para construção civil e obras. Diferenciam-se, como já identificado na Tabela 3.4, apenas na gramagem e abertura dos poros (Texsa, s.d.).



Figura 3.10- Geotêxteis Texxam (W29)

A **SOTECNISOL**, comercializa diversos materiais de impermeabilização, nomeadamente ECOPLAS PY 50 Jardim, ECOPLAS PY 40 G, ECOPLAS PY 40 T, ECOPLAS PY 30, ECOPVC PY 1,2, ECOPVC FV 1,5, todas elas membranas impermeabilizantes, de betume Polímero APP, Resinas e Filler, com armadura em feltro de poliéster (FP), de elevado ponto de amolecimento.

O ECOPLAS 30 e ECOPLAS 40 G diferenciam-se, dos materiais mencionados, na armadura de fibra de vidro, e é de referir que existem variantes no respetivo acabamento, alguns com acabamento a filme termofusível em ambas as faces e outros com acabamento mineral na face exterior e filme termofusível na face interior (Sotecnisol, s.d.).

Como produtos drenantes, a Sotecnisol, comercializa os seguintes materiais Danodren H15, Tecdrain H15 Plus, e o Tecdrain Jardim. Todas elas, lâminas nodulares fabricadas em polietileno de alta densidade (PEAD). As duas primeiras especialmente concebidas como camada de drenagem e proteção da impermeabilização em obras enterradas e a última concebida para garantir a drenagem de água na direção horizontal, particularmente em zonas ajardinadas como substituto de seixo (gravilhas). O Tecdrain H15 Plus, com um geotêxtil calandrado não-tecido de polipropileno de 115 g/m<sup>2</sup> e o Tecdrain Jardim unida a um geotêxtil 100% de fibra contínua de poliolefinas (70% polipropileno e 30% polietileno) não tecido, termo soldado de 115 g/m<sup>2</sup> (Sotecnisol, s.d.).

Como geotêxteis, reproduzidos na Tabela 3.4, são geotêxteis não- tecido, formados todos eles por fibra curta de poliéster.

As soluções de drenagem de coberturas verdes fabricadas pela **OPTIGREEN** são todos compostos em painel de plástico, feitos a partir de HDPE reciclado, e com sistema de ligação entre alvéolos que permitem que a drenagem e irrigação seja distribuída por todos estes alvéolos, respetivamente: O produto Meander Element 60, possui elevada capacidade de drenagem, armazenamento e alta retenção de água em excesso, evitando a acumulação de água em coberturas não inclinadas.

FKD 60 UK BU (Figura 3.11) concebido essencialmente para uso em coberturas verdes intensivas, de tipologia construtiva invertida.

FDK 40 (W) concebido para extensivas e mais sofisticadas coberturas verdes.

BOARD TYPE FDK 25 (W) habitualmente instalado em coberturas verdes extensivas ou de multicamadas com inclinações de até 5°, ou por baixo de percursos pedestres. Com larga capacidade de descarga rápida de água impedindo a acumulação de água (Sotecnisol, s.d.).



Figura 3.11- Optigreen FDK 60UK BU (W30)

Relativamente aos geotêxteis produzido pela Optigreen, nomeadamente o SSV 800, é um material do tipo plástico que serve como proteção para coberturas inclinadas com uma funcionalidade combinada de armazenagem de água e de drenagem. Os demais, RMS 1200, RMS 900, RMS 500 e RMS 300, compostos por material sintético, têm como funcionalidade proteger a membrana da cobertura contra danos causados por altas exigências mecânicas, conjuntamente com a impermeabilização destas coberturas e funcionalidade de separação e armazenamento de água (Sotecnisol, s.d.).

### 3.3 Avaliação do desempenho

Este subcapítulo encontra-se subdividido, sendo esta divisão referente à camada de impermeabilização, camada de drenante e à camada filtrante.

Em seguida serão explanados os “kits” existentes no mercado.

A avaliação do desempenho técnico foi realizada através da verificação das normas prescritas no guia técnico FLL, 2008, na norma NTJ 11C, 2012 e nos requisitos obtidos para o desempenho das coberturas verdes.

#### 3.3.1 Camada de impermeabilização

As normas utilizadas para criar um processo de seleção foram,

De acordo com a FLL (2008):

- “DIN 18531 Waterproofing of roofs- Waterproofing for unused roofs”;
- “DIN 18195 Waterproofing”.

De acordo com a NTJ 11C (2012):

- “UNE EN 13707”, lâminas flexíveis para impermeabilizações. Lâminas betuminosas com armadura para impermeabilizações de coberturas. Definições e características;
- “UNE EN 13956”, lâminas flexíveis para impermeabilizações. Lâminas plásticas e de borracha para impermeabilizações de coberturas. Definições e características;

- “UNE EN13948”, lâminas flexíveis para impermeabilizações. Lâminas betuminosas plásticas e de borracha para impermeabilização de coberturas. Determinação de resistência à penetração de raízes (AENOR, 2014),

Outro critério é ter marca “CE” e para obter esta marcação é necessário que o produto seja submetido a todos os testes/provas requeridos pela UE (União Europeia).

Dever-se-á também ter em consideração que o material que cumpra as normas presentes na FLL, cumpre diretamente a norma EN 13948, pois o método de análise prescrito pela FLL é mais extensivo e contém pareceres mais relevantes do que a norma EN 13948. (Institut für Gartenbau, 2012)

Nas Tabela 3.2 são expostos diferentes tipos de camada de impermeabilização. Tal como referido anteriormente caso o produto verifique as normas referenciadas na FLL, referenciadas na tabela, verifica mutuamente as restantes normas. Para uma melhor compreensão das tabelas que se seguem é necessário expor quais os critérios tidos em conta.

Em primeiro lugar, dever-se-á tomar especial atenção às normas prescritas na FLL e caso o produto cumpra estas normas, deverá ser tido em conta como um produto a adotar.

Em segundo lugar dever-se-á ter em conta a coluna mais à direita da tabela existente, pois este é o parâmetro que define se a membrana foi testada e se passou no teste de “resistência à penetração de raízes”.

Em terceiro lugar dever-se-á analisar se se verifica os critérios pretendidos pelo projetista, nomeadamente, tela armada ou tela simples.

Tabela 3.2– Camada de impermeabilização

	Produto	FLL 2008		NTJ 11C			Marca CE	Aplicável
Empresa		DIN 18531	DIN 18195	UNE EN 13707	UNE EN 13956	UNE EN 13948		
ALWITRA	EVALON V	✗	✗	✗	✓	✓	✓	Sim
	EVALON VG	✗	✗	✗	✓	✓	✓	Sim
	EVALON VSK	✗	✗	✗	✓	✓	✓	Sim
BARRETT ROOFS (EUA)	Ram 200	✗	✗	✗	✗	✗	○	Não
	Ram- Tough 250	✗	✗	✗	✗	✗	○	Não
DANOSA	Esterda AN 48 P ELAST.	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	POLYDAN48 P PARKING	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	ESTERDAN FM 30 P ELAST.	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	IMPERDAN FP 40 P (10X1)	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	DANOPOL FV 1.2 LIGHT GREY	✗	✗	✗	✓	✓	✓	Sim

Legenda: ✗ (Não cumpre / não se aplica), ○ (Sem informação), ✓ (Cumpre)

Tabela 3.2– Camada de impermeabilização (continuação)

	Produto	FLL 2008		NTJ 11C			Marca CE	Aplicável
Empresas		DIN 18531	DIN 18195	UNE EN 13707	UNE EN 13956	UNE EN 13948		
DANOSA	IMPERDAN FV 30 P (10X1)	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	IMPERDAN FV 40 P (10X1)	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	ESTERDAN 40/GO POL	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	ESTERDAN 40 P POL	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	ESTERDAN 50/GP POL VERDE JARDIM	✗	✗	✓	✗	✓	✓	Sim
	ESTERDAN 48 P POL	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	POLYDAN 180-40 P ELAST.	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	GLASDAN 40 P POL	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
FIRESTONE	UltraPly™ TPO roofing membrane	✗	✗	✓	✗	✓	✓	Sim
IMPERALUM	POPLYXIS R50 GARDEN	✗	✗	✓	✗	✓	✓	Sim
	POLYXIS R40 GARDEN	✗	✗	✓	✗	✓	✓	Sim
	POLYSTER 50T GARDEN	✗	✗	✓	✗	✓	✓	Sim
	POLYSTER 40T	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	POLYS R 40 GARDEN	✗	✗	✓	✗	✓	✓	Sim
	ELASTOPLAS 50 G FP GARDEN	✗	✗	✓	✗	✓	✓	Sim
	ELASTOPLAS 40 FP GARDEN	✗	✗	✓	✗	✓	✓	Sim
	ELASTOPLAS 30 FP	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	Polyplas 30	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não

Legenda: ✗ (Não cumpre / não se aplica), ○ (Sem informação), ✓ (Cumpre)

Tabela 3.2– Camada de impermeabilização (continuação)

	Produto	FLL 2008		NTJ 11C			Marca CE	Aplicável
Empresas		DIN 18531	DIN 18195	UNE EN 13707	UNE EN 13956	UNE EN 13948		
PROTAN	PROTAN G	✓	✓	✓	✗	✓	✓	Sim
	PROTAN SE 1.6 TITANIUM +	✓	✓	✓	✗	✓	✓	Sim
RENOLIT WATERPROOFING	ALKORPLAN F 35276	✗	✗	✗	✓	✗	✓	Não
	ALKORPLAN L 35177	✗	✗	✗	✓	✓	✓	Sim
RESITRIX	RESITRIX CL	✗	✗	✗	✗	✗	✓	Não
	RESITRIX MB	✗	✗	✗	✗	✗	✓	Não
	RESITRIX FK PARTIAL BOND	✗	✗	✗	✗	✗	✓	Não
	RESITRIX SR	✗	✗	✗	✓	✗	✓	Não
	RESITRIX SK W FULL BOND	✓	✓	✓	✗	✓	✓	Sim
SIKA	TROCAL SGmA 2.0mm	✓	✓	✗	✓	✓	✓	Sim
	TROCAL SGmA 1.5mm	✓	✓	✗	✓	✓	✓	Sim
TEXSA	MORTERPLAS FP 4,8 KG	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	MORTERPLAS FP-T 6KG MIN N	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	MOTERPLAS FP 4Kg GARDEN	✗	✗	✓	✗	✓	✓	Sim
	MOPLY N PLUS FP 4KG	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	MOPLY N PLUS 3Kg AL	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	FLAGON A	✗	✗	✗	✓	✓	✓	Sim
SOTECNISOL	ECOPLAS PY 50 JARDIM	✗	✗	✓	✗	✓	✓	Sim
	ECOPLAS PY 40 G	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	ECOPLAS PY 40 T	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	ECOPLAS PY 30	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	ECOPLAS 30	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	ECOPLAS 40 G	✗	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	ECOPVC PY 1,2	✗	✗	✗	✓	✓	✓	Sim
	ECOPVC FV 1,5	✗	✗	✗	✓	✓	✓	Sim

Legenda: ✗ (Não cumpre / não se aplica), ○ (Sem informação), ✓ (Cumpre)

### 3.3.2 Camada drenante

A camada drenante é um elemento que tem um nível de importância bastante relevante no sistema.

Nos dias de hoje, devido à expansão do mercado, foi introduzido um produto por forma a realizar as funções da camada drenante. Este novo produto é semelhante, a nível estético, a uma placa de “couvet”. Sendo este produto um produto recente, e com algumas dúvidas sobre os requisitos a comparar, realizou-se uma análise de mercado, por forma a verificar quais os requisitos mais comuns entre eles, a nível das normas internacionais. São constituídos maioritariamente por polietileno de alta densidade, no entanto, as normas que analisam este produto são, “DIN EN 25619- Geosynthetics - Determination of compression behaviour” e DIN EN 13252 “Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in drainage systems” (Beuth, 2014).

É de salientar que alguns autores e construtores de coberturas verdes continuam a adotar o geotêxtil como camada drenante, pois este é referenciado e tem critérios de avaliação específicos nos guias técnicos e normas internacionais, mais concretamente na FLL. Na Tabela 3.3 é apresentado e avaliado, segundo os critérios propostos no capítulo 2.5 e as normas referidas.

Durante a análise da tabela seguinte, é de referir que o fator “sem informação” não exclui a possibilidade de ser considerado viável para aplicação, tendo em conta que todos os produtos comercializados na Europa são certificados e analisados. Este parâmetro apenas indica se na ficha do produto é apresentado a marca CE e quando não exposto deverá ser contactada a empresa em questão.

Tabela 3.3- Camada drenante

Empresa	Produto	Critérios relevantes		Proposta		Marca CE	Aplicável
		DIN EN ISO 25619	DIN EN 13252	Espessura >30 mm	Resistência à compressão >2kN		
SOTECNISOL	DANODREN H15	✗	✗	✗	✗	○	Não
	TECDRAIN H 15 PLUS	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	TECDRAIN JARDIM	✗	✗	✗	✗	○	Não
OPTIGREEN	BOARD FDK 60 BO (G)	✓	✗	✓	✓	○	Sim
	MEANDER PANEL 60	✓	✗	✓	✓	○	Sim
	FKD 60 UK- BU	✗	✗	✓	✓	○	Sim
	FDK 40 (W)	✓	✗	✓	✓	○	Sim
	BOARD TYPE FDK 25 (W)	✓	✗	✗	✓	○	Não
IMPERALUM	PLATON DE 25	✗	✓	✓	✓	✓	Sim
DANOSA	DANODREN JARDÍN	✗	✗	✗	✓	✓	Sim
	DANODREN R-20	✗	✗	✗	✓	✓	Sim

Legenda: ✗ (Não cumpre / não se aplica), ○ (Sem informação), ✓ (Cumpre)



### 3.3.3 Camada filtrante

A camada filtrante tem como objetivo sustentar as partículas do substrato, caso não cumpra corretamente a sua função, a camada drenante terá problemas de drenagem. A FLL (2008) tem alguns parâmetros que se deve ter em conta aquando da escolha do produto (expostos na Tabela 3.4). A norma “DIN EN 12225- Geotextiles and geotextile-related products - Method for determining the microbiological resistance by a soil burial test” (Beuth, 2010) é um dos pontos cruciais aquando da seleção do produto, pois esta norma permite saber a resistência microbiológica estando o material enterrado no solo. A Tabela 3.4 referente produtos da camada filtrante e os parâmetros que se dever-se-á ter em maior consideração são a densidade do material, a resistência e abertura dos poros ( $O_{90}W$ ), estes parâmetros foram retirados da avaliação do desempenho técnico. A FLL realça que o geotêxtil deverá estar de acordo com “FGSV” (Sociedade de pesquisa de Estradas e Transportes). O guia técnico FLL refere que a camada não é resistente ao clima exterior, ou seja, às agressões provenientes do clima e como tal o produtor deverá expor quais as especificações deste, face à sua exposição.

Tabela 3.4- Camada Filtrante

	Produto	NTJ 11C e FLL				Marca CE	Aplicável
Empresa		>100g/m <sup>2</sup>	Resistência à penetração >0,5 kN	0,06 < $O_{90}W$ <0,2 (mm)	DIN EN 12225		
DANOSA	DANOFELT PP160	✓	✗	✓	✗	✓	Não
	DANOFELT PP 125	✓	✗	✓	✗	✓	Não
	DANOFELT PP 90	✗	✓	✓	✗	✓	Não
	DANOFELT PP 200	✓	✓	✗	✗	✓	Não
	DANOFELT PY 120	✓	✗	✓	✗	✓	Não
	DANOFELT PY 400	✓	✓	✗	✗	✓	Não
	DANOFELT PY 300	✓	✓	✗	✗	✓	Não
	DANOFELT PY 200	✓	✗	✓	✗	✓	Não
	DANOFELT PY 150	✓	✗	✓	✗	✓	Não

Legenda: ✗ (Não cumpre / não se aplica), ○ (Sem informação), ✓ (Cumpre)

Tabela 3.4 - Camada Filtrante (continuação)

Empresa	Produto	NTJ 11C e FLL				Marca CE	Aplicável
		>100g/m <sup>2</sup>	Resistência à penetração >0,5 kN	0,06 <O <sub>90</sub> W<0,2 (mm)	DIN EN 12225		
SOTECNISOL	Tecgeo ST 500	✓	✓	✗	✗	✓	Não
	Tecgeo ST 400	✓	✓	✗	✗	✓	Não
	Tecgeo ST 300	✓	✗	✓	✗	✓	Não
	Tecgeo ST 200	✓	✗	✓	✗	✓	Não
	Tecgeo ST 120	✓	✗	✓	✗	○	Não
	Tecgeo ST 150	✓	✗	✓	✗	✓	Não
TEXSA	TEXXAM 700	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	TEXXAM 1000	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	TEXXAM 1500	✗	✓	✗	✗	✓	Não
	TEXXAM 3000	✗	✓	✗	✗	✓	Não
IMPERALUM	IMPERSEP120	✓	✗	✓	✗	✓	Não
	IMPERSEP 150	✓	✗	✓	✗	✓	Não
	IMPERSEP 200	✓	✗	✓	✗	✓	Não
	IMPERSEP 300	✓	✓	✓	✗	✓	Sim
	IMPERSEP 400	✓	✓	✓	✗	✓	Sim
OPTIGREEN	SSV 800	✓	✓	✓	✗	○	Sim
	RMS 1200	✓	✓	✗	✗	○	Não
	RMS 900	✓	✓	✗	✗	○	Não
	RMS 500	✓	✓	✗	✗	○	Não
	RMS 300	✓	✓	✗	✗	○	Não
	Filter Fleece Type 105	✓	✓	✓	✗	○	Sim

Legenda: ✗ (Não cumpre / não se aplica), ○ (Sem informação), ✓ (Cumpre)

### 3.3.4 Produtos comerciais produzidos como um grupo (“kit”)

Diversas empresas nacionais e internacionais têm, cada vez mais, desenvolvido “Kits” de coberturas verdes. Estes “Kits” são elaborados pela empresa e posteriormente são sujeitos às avaliações internacionais e nacionais, como tal, é necessário criar normas específicas para este tipo de produto ETA (European Technical Approval).

A produção deste tipo de “Kits” tem inúmeras vantagens, nomeadamente, o fabricante é o responsável por todo o sistema de instalação (não existe necessidade de adjudicar a garantia a uma empresa), todo o sistema já foi testado, ou seja, a probabilidade de existir incompatibilidade de materiais é baixa e a montagem por norma é mais rápida.

Quanto às desvantagens deste sistema, caso as plantas/arbustos pré-selecionados não forem possíveis de adequar naquela região ou zona (incidência de sol, possibilidade de ocorrência de cheia, outros fatores naturais), o sistema poderá conter lacunas e todo o sistema terá que ser certificado pelas normas vigentes em projeto, pois caso exista um elemento do sistema que não esteja de acordo com as necessidades (normas) explanadas no projeto de construção, este “kit” não deverá ser usado pois não respeita as normas de projeto e a garantia de qualidade poderá ser posta em causa.

Todos os produtos comercializados dentro da União Europeia têm que adquirir a marca CE.

Ao longo de vários anos não existiu qualquer programa de avaliação para este tipo de “kit”, tendo sido apenas em 2011 criado o primeiro programa de avaliação correspondente à ETA-13/0668. A empresa “ZinCo” foi umas das primeiras empresas a adquirir esta marcação no seu sistema. (IGRA, 2013)

Existem mais ETA’s do que a referida anteriormente, tais como por exemplo, a ETA- 13/0534 e a ETA-13/0557. Existem variações a nível do tipo de avaliação das normas, e torna-se uma mais valia explicar o que cada uma delas engloba e quais as marcas produtoras.

A ETA- 13/0534, com o nome comercial de “Naturdach”, tem uma validade de 22/06/13 até 22/06/2018. Este kit assume um tempo de vida de 25 anos e poderá ser aplicado até uma inclinação máxima de 5°. (DIBt, 2013). O produto foi sujeito a diversos testes tais como, resistência ao fogo, avaliação do eficiente de descarga e de escoamento, de acordo com “Green Roofing Guideline”, resistência ao vento e libertação de substâncias nocivas ou radiação. Posteriormente, os materiais são avaliados individualmente, sendo cada material avaliado de acordo com o seu propósito e objetivo dentro da cobertura. Esta norma apenas contempla a execução de quatro materiais, respetivamente, camada de proteção, camada drenante, camada filtrante e substrato (Tabela 3.5).

Na Figura 3.12 observa-se a disposição pretendida após a realização do “Naturdach”.

Este kit contempla os seguintes materiais:

Tabela 3.5 - Materiais da ETA13/0534, empresa OptiGreen (DIBt, 2013)

	Material (produto)	Tipo de Material	Espessura, densidade
<b>Camada de Proteção</b>	RMS 350	PP/PET	3,35mm 350g/m <sup>2</sup>
<b>Camada drenante</b>	Drainage Board FKD 40	HDPE reciclado	40mm 2,3kg/m <sup>2</sup>
<b>Camada filtrante</b>	Filter Fleece Type 105	PP	1,1 mm 0,15 kg/m <sup>2</sup>
<b>Substrato</b>	Substrate Type E light	Substrato multicamada (mineral)	Aproximadamente 96kg/m <sup>2</sup>
	Substrate Type E heavy	Substrato multicamada (mineral)	Aproximadamente 115kg/m <sup>2</sup>

Legenda: PP- polipropileno, PET- politereftalato de etileno, HDPE – polietileno de alta densidade

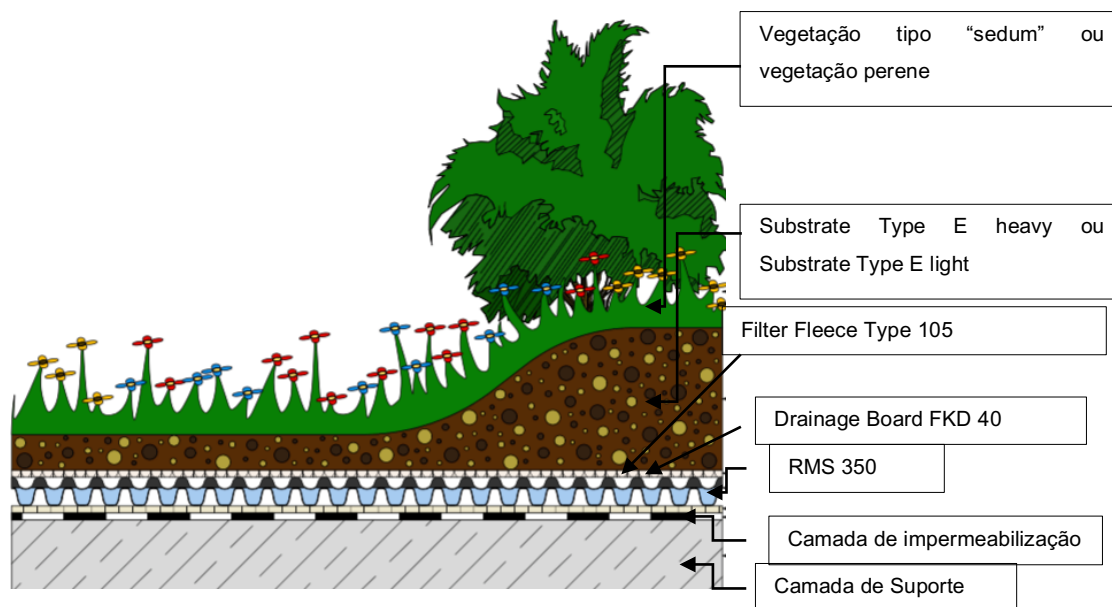


Figura 3.12- Esquema do produto comercial ETA 13/0534 (W31)

Referente à ETA – 13/0557, o seu nome comercial é “Spardach”, tem uma validade de 22/06/13 até 22/06/2018. Este kit assume um tempo de vida de 25 anos e pode ser aplicado até uma inclinação máxima de 5°. (DIBt (b), 2013)

O produto foi sujeito a diversos testes, especificamente, resistência ao fogo, avaliação do eficiente de descarga e de escoamento, de acordo com “Green Roofing Guideline”, resistência ao vento e libertação de substâncias nocivas ou radiação. Posteriormente os materiais são avaliados individualmente, sendo cada material avaliado de acordo com o seu propósito e objetivo dentro da cobertura. Esta norma apenas contempla a execução de 3 materiais, nomeadamente, camada de proteção, camada drenante e substrato (Tabela 3.6). Na Figura 3.13 encontra-se esquematizado o produto final após ter sido construído.

Este kit contempla os seguintes materiais:

Tabela 3.6- ETA - 13/0557, empresa OptiGreen (DIBt (b), 2013)

	Material (Produto)	Tipo de Material	Espessura, densidade
<b>Camada de Proteção</b>	RMS 350	PP/ PET	3,35 mm 350 g/m <sup>2</sup>
<b>Camada Drenante</b>	Drainage Board FKD 25 (W)	HDPE reciclado	25 mm 1,35kg/m <sup>2</sup>
<b>Substrato</b>	Substrate Type M light	Substrato de camada singular (mineral)	Aproximadamente 60 kg/m <sup>2</sup>
	Substrate Type M heavy	Substrato de camada singular (mineral)	Aproximadamente 63 kg/m <sup>2</sup>

Legenda: PP- polipropileno, PET- politereftalato de etileno, HDPE – polietileno de alta densidade

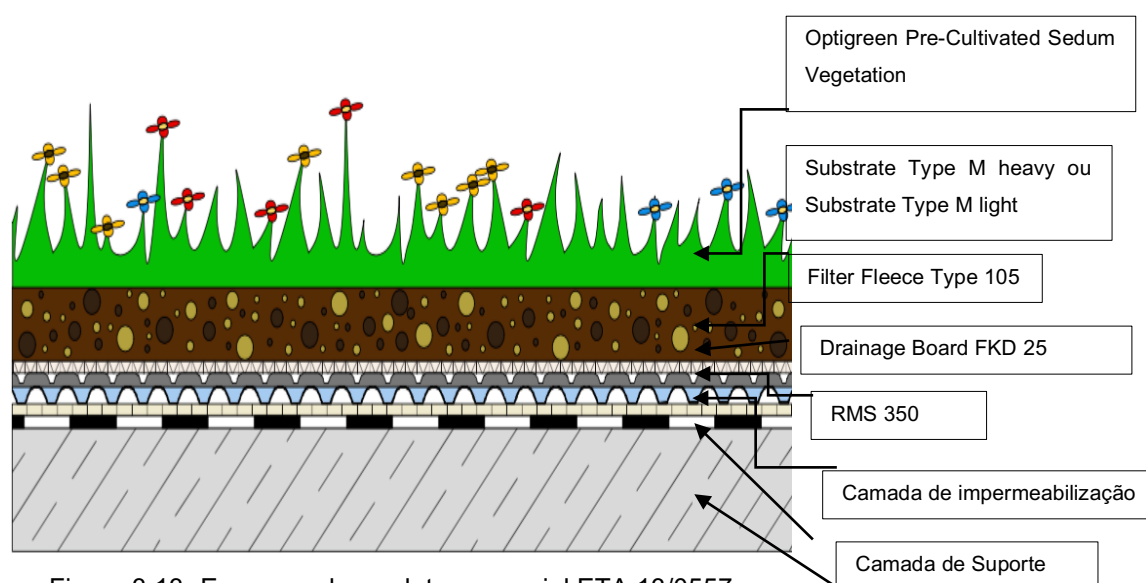


Figura 3.13- Esquema do produto comercial ETA 13/0557 (W32)

Relativamente à ETA 13/0668, cujo nome comercial é "Sedumteppich", "Steinrosenflur", "Lavendelheide", "Dachgarten", "Sedum Carpet", Rockery Type Plants", "Heather with Lavender", Roof garden" e tem uma validade de 22/06/13 até 22/06/2018. De acordo com CUAP (Common Understanding of Assessment Procedure), para além de terem sido analisados os requisitos prescritos na FLL, foi também explorado a capacidade de drenagem das camadas (EN 12958 – Geotêxteis e derivados- capacidade de escoamento de água (ISO, 2010)) e novos critérios de proteção das camadas (EN ISO 13428 – Geossintéticos - determinação da eficiência da proteção contra danos (ISO, 2005)). Este kit (Tabela 3.7) contempla os seguintes materiais:

Tabela 3.7 – ETA – 13/0668, da empresa Zinco (Zinco, 2015)

	<b>Cobertura extensiva “Sedum Carpet”</b>	<b>Cobertura extensiva “Rockery Type Plants”</b>	<b>Cobertura Semi- extensiva “Heather with Lavender”</b>	<b>Cobertura Intensiva “Roof Garden”</b>
<b>Camada Anti raiz</b>	Root Barrier WSB 100- PO	Root Barrier WSB 100-PO	Root Barrier WSB 100-PO	Root Barrier WSB 100-PO
<b>Camada de Proteção</b>	Protection Mat TSM 32/Protection Mat SSM 45	Protection Mat TSM 32 Protection Mat SSM 45	Protection Mat SSM 45	Protection Mat ISM 50
<b>Camada drenante</b>	Floradrain FD 25-E Fixodrain XD 20	Floradrain FD 25-E	Floradrain FD 40-E	Floradrain FD 40-E
<b>Camada Filtrante</b>	Filter Sheet SF	Filter Sheet SF	Filter Sheet SF	Filter Sheet SF
<b>Substrato</b>	System Substrate Sedum Carpet	System Substrate Rockery Type Plants	System Substrate Heather with Lavender	System Substrate Lawn, System Substrate Roof Garden

System Substrate Lawn é o único substrato que a empresa apresenta como sendo certificado pela ETA 13/0668, no entanto, todos os restantes substratos estão de acordo com o guia técnico alemão FLL (Zinco, 2015).

### 3.4 Discussão de resultados

#### 3.4.1 Camada de impermeabilização

A camada de impermeabilização é certamente uma das camadas mais importantes do sistema, no entanto, todas as camadas do sistema deverão ser de igual modo bem selecionadas e dimensionadas por forma a não solicitar um maior desempenho de outra camada do que aquele que esta deverá corresponder. Antes de ser feita a análise e respetiva discussão, verifica-se que existem proteções anti raízes que não foram abordadas em relação ao seu desempenho ao longo do trabalho. Caso esta tivesse sido avaliada teria que ser feito uma análise criteriosa em relação à compatibilidade entre camadas. No caso desta camada, a análise seria entre a camada de impermeabilização e a camada drenante, exceto se existir outra camada de geotêxtil.

O primeiro ponto a verificar-se de imediato é que as empresas (maioria) sediadas no Norte da Europa (Alemanha, Inglaterra) realizam os testes de acordo com o guia técnico internacional FLL.

O segundo ponto que se pode constatar é o caso de empresas Americanas, representado pela empresa “Barrett Roofs”. Sendo o seu sistema de avaliação (ASTM) diferente do Europeu, não é fiável realizar-se um paralelismo entre ambos, pois os testes são ligeiramente diferentes bem como as medidas utilizadas. Tal como Dvorak (2011) refere, “(...) a ASTM atualmente não tem nenhuma especificação relativa à seleção de materiais de impermeabilização para coberturas verdes”. Estes encontram-se numa fase inicial de desenvolvimento e de articulação de normas.

O terceiro ponto relevante a ser observado é que nem todas as membranas presentes no mercado devem ser adotadas para uma cobertura verde. Caso se adote uma membrana “corrente” para uma cobertura desta tipologia, o projetista deverá ter atenção que a membrana de impermeabilização será um ponto fraco no sistema, bem como terá de ser adicionado, sem exceção, a camada de proteção anti raiz. O projetista, neste caso, deverá especial atenção (muito criteriosa) às plantas selecionadas a serem colocadas na cobertura, pois caso estas sejam evasivas apenas terá a camada de proteção anti raiz para cortar o efeito de penetração da raiz.

Através da amostragem de um total de 53 produtos verificou-se que 24, cerca de 45,3%, verifica a norma “UNE EN 13948”, o que significa que cada vez mais os produtores de membrana de impermeabilização apostam na modificação da membrana por forma a cumprir este requisito. No entanto, é de salientar, que dentro desta amostragem existiu o cuidado de incluir todos os produtos que pudessem ser empregues em coberturas verdes. É de igual modo de salientar, que muitas empresas produtoras propõem o método bi-camada, que consiste na aplicação de duas camadas. Neste tipo de processo emprega-se uma camada que não cumpre o requisito de resistência à penetração, mas por sua vez, a camada superior resiste à penetração das raízes. Tome-se como exemplo, o “sistema verdes simples (não visitáveis) | Extensivas”, presente no catálogo da Imperialum que propõe a seguinte solução “Imperkote f + Polyplas 30+ Polyter 40 Garden ou Polyxis R50C Garden”.

### **3.4.2 Camada drenante**

A camada drenante é, à semelhança da camada de impermeabilização, uma das camadas com maior relevo para o bom desempenho da cobertura. Esta camada é a responsável pela drenagem do excesso de água, assim como o armazenamento da mesma, por forma a alimentar a vegetação. A análise desta camada teve como amostragem um total de 11 produtos, sendo 7 destes aplicáveis às coberturas verdes, o que perfaz 63,6% da amostragem total. A avaliação do número de produtos poderá ser considerada reduzida, no entanto, por forma a não sobrecarregar a amostragem diminuiu-se o número de produtos avaliados. É de salientar que os produtos analisados são os explanados ao longo da tese, pois pretende-se avaliar o desempenho dos materiais mais recentes e verificar a sua eficiência.

Em primeiro lugar é necessário referir que as empresas produtoras da camada de impermeabilização são igualmente produtoras de materiais para a camada drenante. Alguns dos produtos avaliados não continham informação sobre a marca CE, no entanto estes foram avaliados de igual modo aos restantes que a continham.

Em segundo lugar, verifica-se que não existem normas ainda consistentes por forma a avaliar este novo produto do mercado, havendo a necessidade de se recorrer a situações de pré-dimensionamento e de boas práticas por parte dos produtores e construtores que utilizam este novo material. Contudo, existem diversas entidades que não consideram este tipo de material como boa inovação face à antiga solução (utilização de geotêxtil).

O critério de “aplicável” teve como base a verificação de dois requisitos dos cinco selecionados, sendo que um deles deverá ser um requisito proposto, pois as normas designadas por “DIN” são aplicáveis aos geotêxteis, e como tal não são normas consideradas totalmente fidedignas para um material que não geotêxtil. Para os produtos obterem certificação “CE” em parâmetros como

“resistência à tração longitudinal”, deverão verificar a norma (EN ISO 10319), presente em todos os materiais, e como tal não foi utilizada para os distinguir, “EN ISO 10319: 1996”, Geotêxteis - Ensaio de tração (European Committee for Standardization, 1996).

### **3.4.3 Camada filtrante**

Referente à camada filtrante verifica-se que numa amostragem de 30 produtos apenas 4 obtêm a classificação de “aplicável”, o que equivale a aproximadamente a 13,3% da amostragem total. Os critérios para obtenção da classificação “aplicável” foram que o produto cumprisse no mínimo três dos pré-requisitos proposto. Deste modo, foram eliminados critérios específicos de cada guia técnico, como por exemplo, os prescritos na FLL em que se deverá verificar o regulamento FGSV.

Verifica-se, também, que nos elementos de amostragem, nenhum deles verifica a norma “DIN EN 12225”, sendo esta referente à determinação de resistência microbiológica, através de um teste de enterramento no solo.

Para o primeiro critério presente, observa-se que cerca de 83,3 % dos produtos o verificam. O segundo critério tem aproximadamente 63,3% de verificação e para o terceiro critério apenas 56,7 % de aprovação. A combinação de pelo menos dois dos três requisitos anteriormente referenciados é de 86,7 %. Através de uma análise de combinações de requisitos, ou seja, se se verificar o critério de densidade superior a 100 g/m<sup>2</sup> com o critério de resistência à penetração, o critério de densidade com a abertura dos poros, e o critério de resistência à penetração com o critério de abertura de poros verifica-se que têm, respetivamente, uma percentagem aproximadamente de 43,3%, 53,3% e 16,7%. Deste modo, verifica-se que a conjugação do requisito de resistência à penetração e a abertura dos poros é uma combinação de requisitos com bastante dificuldade de ser cumprida.

### **3.4.4 “Kits” ou produtos certificados por ETA**

Os certificados ETA correspondem a uma certificação do material como um conjunto. Este tipo de produtos contem inúmeras vantagens, contudo são também detetadas algumas desvantagens. No mercado atual existem três “kits” de coberturas verdes, correspondendo à ETA 13/0534, 13/0557 e 13/0668. O primeiro ponto que se observa, através da descrição dos produtos anteriormente descritos, é a utilização de uma camada de proteção. Esta camada de proteção tem por objetivo a proteção da tela anti raiz e da membrana de impermeabilização e é geralmente constituída por um tecido geotêxtil (Borga, 2012).

A empresa OptiGreen tem dois produtos certificados, o que corresponde a cerca de 66,7% dos produtos certificados como “kit” para coberturas verdes. Os produtos “Naturdach” (ETA 13/0534) e “Spardach” (ETA 13/0557) pertencem à empresa Optigreen. Foram identificadas algumas diferenças entre eles que dever-se-á analisar. Em primeiro lugar constata-se que a ETA13/0534 tem mais uma camada constituinte em relação à ETA 13/0557 que é a camada filtrante.

O produto “Naturdach” é uma solução para coberturas do tipo intensivo ou extensivo. Tendo em conta que esta verifica qualidade técnica para uma cobertura do tipo intensivo, pode-se afirmar que caso se pretenda uma cobertura semi-intensiva poder-se-á utilizar este produto. Os produtos



constituintes foram analisados independentemente como se não fossem um “kit” e verificou-se que tanto a camada drenante como a camada filtrante obtiveram a classificação de “aplicável”.

O produto “Spardach” é uma solução para coberturas do tipo extensivo ou vegetação do tipo “sedum”. Este produto não contempla a camada filtrante, e analisando o produto respeitante à camada drenante verifica-se que não tem a classificação de “aplicável”, pois não cumpre o requisito de espessura mínima proposta. No entanto, esta camada tem uma espessura de aproximadamente 25mm, verificando-se uma diferença de 5mm para o cumprimento da espessura aconselhável, indicada na proposta.

Relativamente à ETA 13/0668, verifica-se que a camada anti raiz é igual para todas as tipologias certificadas por esta norma.

A camada de proteção “Protection Mat SSM 45” é comum à tipologia Cobertura extensiva “sedum carpet”, Cobertura extensiva “rockery type plants” e à Cobertura semi- extensiva “Heather with Lavender”.

A camada drenante “Floradrain FD 25-E” é a mesma nas coberturas extensivas, sendo “Floradrain FD 40-E” a correspondente aos tipos de cobertura semi-intensiva e Cobertura intensiva “Roof Garden”. Relativamente à camada filtrante, “Filter Sheet SF” esta é transversal a todas elas. É de igual modo importante salientar que o “system substrate lawn” é o único substrato produzido por esta empresa que é certificado por esta norma.

### **3.5 Síntese do capítulo**

Através da análise das camadas (examinadas ao longo do capítulo) face às prescrições presentes nos guias técnicos, verifica-se que relativamente à camada de impermeabilização, esta é certamente aquela que tem vindo a ter um maior crescimento e uma maior inovação (a nível de requisitos) comparativamente ao avanço das restantes camadas analisadas. Sendo esta uma das camadas mais críticas de todo o sistema, a sua seleção deverá ser cuidada e deverão ser analisados todas as normativas a que esta verifica, sendo deste modo salvaguardado o seu desempenho. Apesar do mercado Norte Americano ter diversas soluções e ser também um dos locais onde as coberturas verdes tem incentivos para a sua instalação, não é aconselhável por enquanto a sua seleção na Europa. Ainda referente à camada de impermeabilização, verifica-se que existe ainda algumas questões ao tipo de camada a usar, no entanto, o projetista deverá propor uma camada que verifique primeiramente as normativas prescritas na FLL, caso não seja possível, devido a custos ou devido às escolhas no mercado, este deverá optar sempre por uma membrana que verifique a norma “EN 13984”, só assim é garantida a total eficácia do sistema. Caso as plantas sejam fortemente evasivas dever-se-á recorrer a uma camada anti raiz, mas não dispensa a membrana a verificação da norma anteriormente prescrita.

A camada drenante obteve uma aprovação de 63,6% de uma amostragem de 11 produtos, apesar de a amostragem ser reduzida verifica-se que o elemento analisado é maioritariamente destina às coberturas verdes, no entanto, a sua análise ainda é dúbia pois não foi ainda criada normativas que possibilitem a sua análise mais concreta, sendo esta dependente de outras normativas prescritas para outros produtos.

A camada filtrante pertence a um mercado vasto, ou seja, a empregabilidade do geotêxtil tem um uso bastante alargado. A sua escolha deverá ser de igual modo bastante criteriosa, sendo que apenas 13,3% verificam os requisitos analisados, poder-se-á afirmar que muitos destes produtos não têm em atenção as normas presentes nos guias técnicos e como tal a sua escolha deverá ser bastante cautelosa. A “DIN EN 12225” é uma das normativas que permite a análise da resistência microbiológica por enterramento do geotêxtil, sendo esta uma norma não verificada nos produtos.

Comparativamente à utilização do sistema multicamada e a utilização de “kits”, na utilização de um sistema multicamada o projetista terá que verificar todas as camadas e analisar se existe compatibilidade entre as diferentes camadas. Esta situação também se prende, caso se utilize o “kit”, pois como se verificou anteriormente, estes não contemplam a camada de impermeabilização, e como tal, deverá ser analisado se existem compatibilidades entre a camada de impermeabilização e a camada de proteção.

Ambas as soluções têm vantagens a nível oneroso bem como a nível de dimensionamento. As vantagens de se utilizar o sistema multicamada, é que este pode ser selecionado de acordo com o orçamento do dono de obra e conjugar as diferentes camadas por forma a obter o tipo de solução mais adequado para a sua utilização e o tipo de cobertura. A utilização de um “kit” permite ao projetista o uso de um sistema certificado e uma maior rapidez no dimensionamento do sistema estrutural e aferição das cargas presentes na cobertura, mas em contrapartida, a nível monetário a utilização destes “kits” poderá ser mais cara.

O sistema multicamada tem como desvantagem a necessidade de verificar se a vida útil do material, se as garantias dos produtores são idênticas entre todas as camadas, ou então, se a empresa construtora certifica e se encarrega de garantir a vida útil do sistema durante o prazo estabelecido em projeto. Esta desvantagem não é verificada nos sistemas certificados pelas diferentes ETA's, pois todo este é certificado e garantido pela empresa produtora, no entanto, é necessário que a camada que não é contemplada no sistema possua uma garantia igual ou superior ao “kit” instalado.

## 4 Caso de estudo

### 4.1 Considerações iniciais

Neste capítulo será apresentado um caso de estudo de uma obra recente, Expansão do Centro Santander Totta, em Lisboa. A obra localiza-se Rua da Mesquita 6/6A, Lisboa (Figura 4.1 e Figura 4.2)

O dono de obra é o “Banco Santander Totta, S.A.” e o seu projeto de arquitetura foi realizado pelo gabinete FV arquitetos. Também a coordenação de projeto ficou ao abrigo da FV arquitetos.

Esta expansão tem como objetivo funcional concentrar os serviços centrais da zona de Lisboa. O local de trabalho foi pensado para a criação de um “open space”, isto é, não existirá divisórias permanentes entre os diversos colaboradores. Deste modo, será possível adotar uma política de “clean desk”, ou seja, o colaborador ao final do dia terá a sua mesa arrumada, sem acumulação de serviço sobre a sua secretária.

O novo edifício que corresponde à expansão do centro Santander Totta terá no seu interior um ginásio (iluminado por luz natural) com cerca de 714 m<sup>2</sup>, dois auditórios, um primeiro com capacidade para cerca de 300 pessoas e um segundo com capacidade para 50 pessoas, uma sala multiusos com 100 m<sup>2</sup> e uma cafetaria com 352 m<sup>2</sup>. Este irá contemplar ainda um gabinete de enfermagem no seu interior.

Relativamente aos novos aparelhos adotados, este irá ter uma iluminação led (o que irá provocar uma diminuição do custo de eletricidade), a luz natural incidente sobre o interior do edifício será regulada através de uma central meteorológica, o sistema de climatização será por indução, as áreas técnicas irão aproveitar o ar frio proveniente do exterior para arrefecimento do mesmo e os elevadores irão ser dotados de um sistema de regeneração de energia.

A realização da obra tem como um dos objetivos preservar e criar uma articulação com o corredor verde de Monsanto e permitir o contacto “atmosférico” dos pisos inferiores (Figura 4.3)

O custo total da empreitada foi de 15 milhões e 350 mil euros. O custo total para o Dono de Obra, referente à cobertura verde, foi de 95 mil euros. O custo da cobertura verde, cuja área total é de aproximadamente 3840 m<sup>2</sup>, corresponde a sensivelmente 1% do custo total da empreitada. A cobertura verde teve como Empreiteiro geral a “Ferrovia” que adjudicou o trabalho à “Projar” e à “Jardim Adonis”. O projeto de paisagismo foi realizado pela “Proap”, sendo a coordenação de projeto de “FVA- Frederico Valsassina Arquitetos”. (Figura 4.4 a Figura 4.7)

A obra teve início a 4 de Dezembro de 2014, sendo o prazo inicial de 16 meses, no entanto, este foi prorrogado para 20 meses. O atraso da entrega da obra em nada adveio da construção da cobertura verde, mas sim devido à escavação, contenções periféricas e execução estrutural. As contenções periféricas foram realizadas pelo método “top-down”, sendo utilizado em cada nível painéis primários não consecutivos. A nível estrutural, a expansão é criada por 3 corpos, existindo um primeiro com 3 pisos, um segundo com 5 pisos e o terceiro com 6 pisos. Tendo os dois últimos corpos utilizado vigas e bandas pós-tensionadas, existiu a necessidade de aguardar pela cura do betão para ser possível realizar o puxe dos cabos de pré-esforço.

A execução deste método construtivo, para as contenções periféricas, deveu-se às características do terreno existente bem como à área de expansão limitada, o que originou a

necessidade de escavar em profundidade. Este foi realizado na empena Oeste do edifício existente. Este edifício de expansão desenvolveu-se 10m abaixo da cota das fundações do edifício existente, o que corresponde ao piso -5 (Banco Santander Totta, 2015).

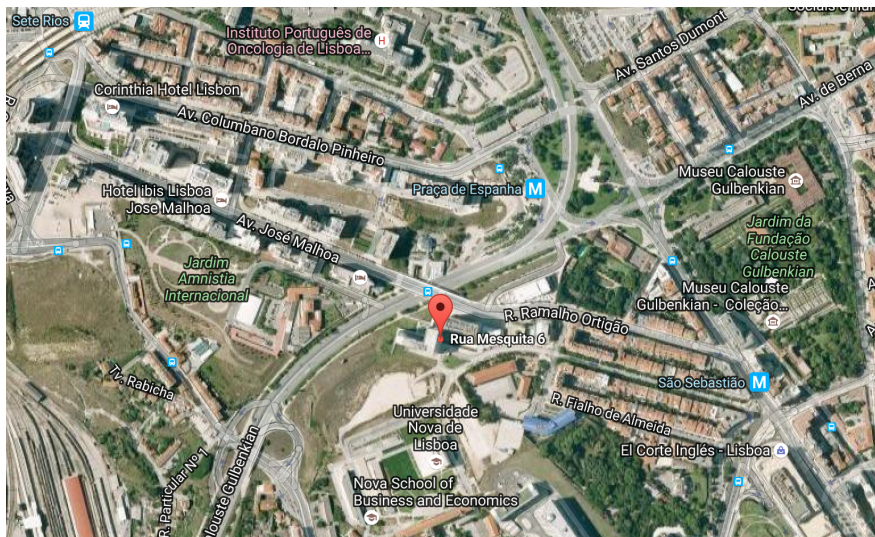


Figura 4.1- Localização geral da obra (W33)



Figura 4.2- Localização aproximada da obra (W33)



Figura 4.3 – Desenho 3D do resultado pretendido

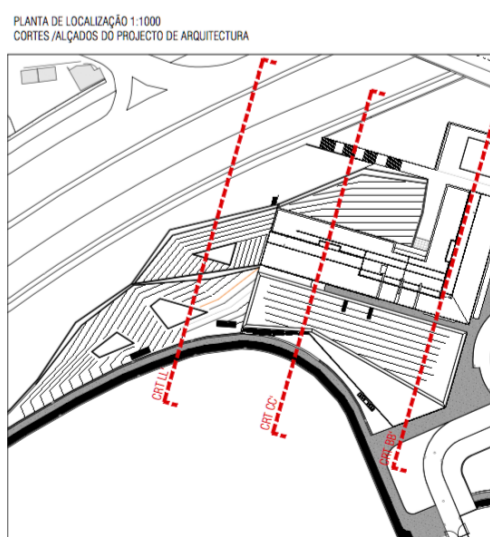


Figura 4.4- Planta da Cobertura, Cortes (adaptado de PROAP)

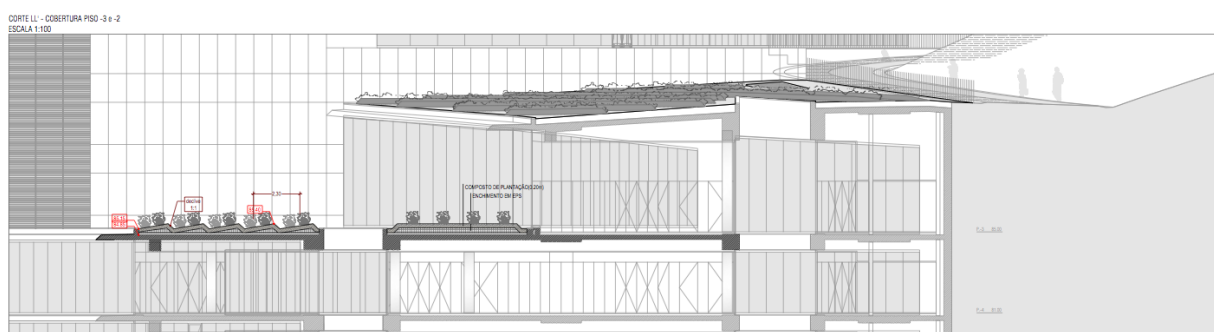


Figura 4.5- Corte LL' (adaptado de PROAP)





Figura 4.6- Corte CC'(adaptado de PROAP)



Figura 4.7- Corte BB'(adaptado de PROAP)

## 4.2 Cobertura e pátios

A obra abrange duas soluções distintas para as duas tipologias de espaços. Uma primeira tipologia de espaço é referente à cobertura, onde se pretendeu criar uma ligação com a paisagem, com elevado potencial produtivo, permitindo a manutenção do seu estado inicial com baixo grau de manutenção e consumo. A segunda tipologia de espaço são os pátios e os espaços interiores, cujo objetivo passa pela criação de espaços ambientais que permitam a sua utilização, sendo estes adaptados à restrição de luz disponível (PROAP, 2014).

Os pátios, Figura 4.8, existentes encontram-se ao longo do edifício. No piso -6 (Figura 4.10), junto aos auditórios, encontram-se dois pátios, que permitem a ventilação natural e o contacto com a atmosfera. Estes dois pátios incluem um percurso de fuga de emergência, assim como proporcionam um espaço de estadia exterior momentânea. A vegetação aqui presente são plantas provenientes de climas oceânicos húmidos (PROAP, 2014).

No piso -5, Figura 4.9, encontra-se um pátio cuja função é permitir a passagem de luz para os funcionários que se encontram a trabalhar na zona mais próxima do pátio e interior do edifício. A zona em redor do pátio tem fachadas envidraçadas, em todo o perímetro, permitindo a passagem de luz. Por forma a serem utilizados maciços arbustivos de qualidade, sem condicionarem a passagem de luz para o interior do edifício, realizou-se um rebaixamento da cota do pátio com recurso a socalcos. A vegetação utilizada neste espaço tem como principal característica serem edafo-climáticas (PROAP, 2014).

No piso -3 o pátio tem uma espessura de 25 cm sobre a cobertura e neste espaço foram instaladas plantas trepadeiras por rede ao longo do alçado Noroeste. Neste mesmo local existem zonas revestidas por gravilha que permitem utilizar espaço exterior como zona de lazer. As espécies vegetais utilizadas foram Hera, Polugonum, Fragarias, vinha virgem entre outras, plantas estas que são usuais no clima mediterrâneo (PROAP, 2014).

No talude para a Avenida Calouste Gulbenkian, foi realizado a estabilização do mesmo com recurso a revestimento orgânico e a utilização de uma hidrossementeira que permita a evolução da imagem ao longo do ano (PROAP, 2014).

A obra contém diversos tipos de configuração das tipologias de espaços, no entanto, se se pretender caracterizar todos os tipos de cobertura presentes no edifício, pode-se considerar do tipo semi-intensiva, pois contém zonas de relvado e zonas com pequenos arbustos ou plantas de maior dimensão (PROAP, 2014).

PLANTA DE LOCALIZAÇÃO  
PÁTIOS

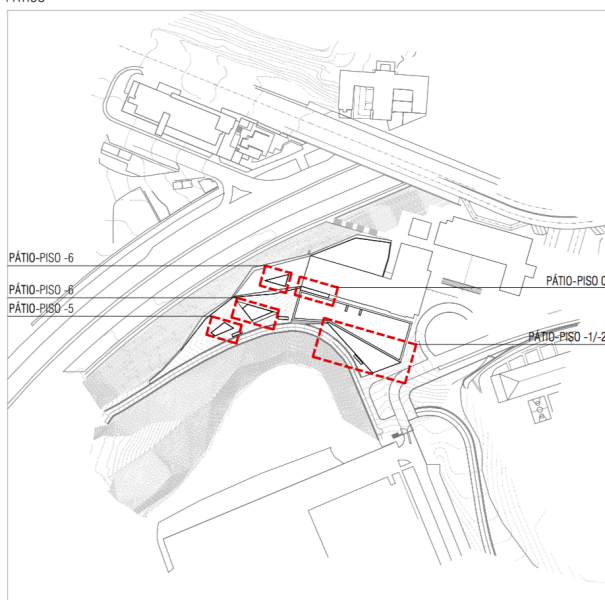


Figura 4.8-planta de localização dos pátios  
(adaptado de PROAP)

PÁTIO - PISO -5 (SOBRE TERRENO NATURAL)  
ESCALA 1:100



Figura 4.9- Pátio -5, desenho realista (adaptado de PROAP)

PÁTIO A - PISO -6 - (SOBRE TERRENO NATURAL)  
ESCALA 1:100



Figura 4.10- Pátio -6, desenho realista (adaptado de PROAP)



Figura 4.11- Piso -1/-2, desenho referente há colocação das diferentes espécies de plantas (adaptado de PROAP)



### 4.2.1 Sistema de rega

O sistema de rega utilizado para os espaços exteriores é composto por dez sistemas de rega fixos, enterrados e pressurizados pela pressão disponível na rede de água e as zonas que contêm este sistema são sendo a PROAP (2014)

- Pátio Piso -1/-2 (Figura 4.11),
- Pátio Piso 0,
- Pátio A Piso -6,
- Pátio B Piso -6,
- Pátio Piso – 5,
- Cobertura de Entrada,
- Cobertura Piso -3,
- Cobertura Piso -4,
- Cobertura Piso 0,
- Cobertura Piso -2/ -3.

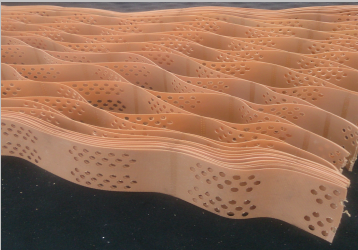
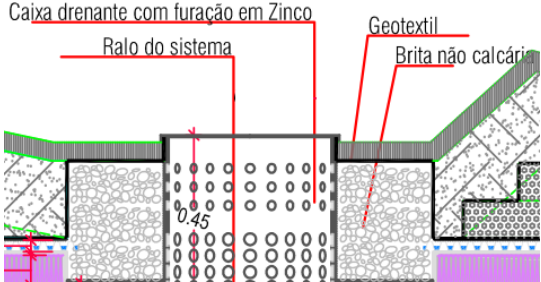

Os sistemas de rega que utilizem o sistema gota a gota são equipados com um filtro de disco e filtragem secundária, por forma a proteger os gotejadores. É apenas utilizada filtragem secundária caso se assuma que a água utilizada para rega tenha beneficiado de tratamento primário a montante do contador (PROAP, 2014).

As zonas de relvado são regadas através de um sistema de aspersão. Nos maciços herbáceo-arbustivos, o sistema de rega é realizado através de gota a gota superficial. É relevante salientar que todos os sistemas são dotados de tomadas de água para ser possível efetuar rega manual (caso de anomalia do sistema) e para a realização de pequenas lavagens (PROAP, 2014).

### 4.2.2 Cuidados especiais construtivos por forma a reduzir as anomalias

Durante as visitas à obra verificou-se a constante preocupação com o processo construtivo e a boa seleção dos materiais. Durante uma das visitas, chegou à obra a brita que tinha como objetivo cobrir as áreas em redor da cobertura verde, tal como é apresentado na norma espanhola NTJ 11C. No entanto, a brita era de origem calcária, sendo um tipo de rocha que não deve ser utilizado devido ao seu constituinte, calcário, que poderia danificar a drenagem e comprometer o bom serviço da cobertura. Com base nas anomalias expostas no subcapítulo 2.4, realizou-se um levantamento das preocupações tidas em obra, por forma a diminuir o risco de ocorrência dessas anomalias, sendo estas apresentadas nas Tabela 4.1 à Tabela 4.4. Deste modo é diminuída a probabilidade de erros construtivos e é assegurado que não existirá problemas imediatos na cobertura.

Tabela 4.1- Anomalias e prevenções em coberturas verdes na camada de suporte

Anomalias	Prevenções e imagens ilustrativas
<p><b>Fendilhação /Fissura</b></p> <p><b>Deformação</b></p> <p><b>Colapso</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dimensionamento da laje superior para um carregamento de 50% a 60% de saturação do solo;</li> <li>➤ Aumento do tempo de espera para a cura do betão e da camada de forma;</li> <li>➤ Diminuição de carga através de redes de alvéolos (Figura 4.12).</li> </ul>  <p>Figura 4.12 - Geocélulas</p>
<p><b>Desagregação</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilização de cascalho isento de sais minerais;</li> <li>➤ Não utilização de pedra de origem calcário ou com sedimentos calcários (Figura 4.13).</li> </ul>  <p>Figura 4.13 – Pormenor do projeto de drenagem da cobertura</p>
<p><b>Humidade</b></p> <p><b>Infiltrações</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Execução correta de pontos singulares (Figura 4.14);</li> </ul>  <p>Figura 4.14- Dispersor de rega</p>

A camada de suporte ou laje é o elemento constituinte do sistema, que caso ocorra algum dos problemas apresentados anteriormente, terá um custo mais elevado e uma reparação mais lenta.

A camada de impermeabilização a nível de estanquidade e diminuição do risco de infiltrações de água é considerada como camada mais importante para o efeito. A água é um elemento natural

bastante prejudicial à vida útil das coberturas bem como do próprio edifício e para que não provoque danos, é necessário tomar algumas medidas de proteção (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 - Anomalias e prevenções em coberturas verdes na camada de impermeabilização

Anomalias	Prevenções e imagens ilustrativas
<p><b>Fissuração ou rasgamentos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilização de material certificado e com compatibilidade aprovada;</li> <li>➤ Utilização de bi-camada de impermeabilização;</li> <li>➤ Durante o período de espera de colocação das restantes camadas do sistema, esta deverá estar coberta por água por forma atenuar a exposição solar;</li> </ul> <div data-bbox="571 607 917 1025" data-label="Image"> </div> <p>Figura 4.15- Teste de estanquidade</p> <div data-bbox="944 607 1450 936" data-label="Image"> </div> <p>Figura 4.16- Camada betuminosa com filme, fim da laje</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Análise durante o período de estanquidade, Figura 4.15;</li> </ul> <p>Prolongamento da camada betuminosa até 15cm após a superfície(Figura 4.16).</p>
<p><b>Perfuração</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilização de herbáceas com características não perfurantes;</li> <li>➤ Durante a construção das restantes camadas utilizar elementos fixadores que não permitam perfuração da tela (Figura 4.17);</li> </ul> <div data-bbox="791 1319 1326 1635" data-label="Image"> </div> <p>Figura 4.17 – Método de fixação do geotêxtil ao isolamento térmico</p>
<p><b>Empolamentos ou bolsas de ar</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mão-de-obra especializada;</li> <li>➤ Limpeza da camada de forma;</li> <li>➤ Verificação constante e pormenorizada de zona que possam não ter ficado bem aderentes à camada inferior;</li> </ul>

Tabela 4.2-Anomalias e prevenção em coberturas verdes na camada de impermeabilização  
(continuação)




Anomalias	Prevenção e imagens ilustrativas
<p><b>Decomposição da tela</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilização de materiais que se conheça a sua compatibilidade;</li> <li>➤ Elementos que possam conter calcário ou produtos nocivos para a tela não deverão ser utilizados (Figura 4.18).</li> </ul>  <p>Figura 4.18- Sistema de drenagem e respectiva área de proteção</p>
<p><b>Pontos singulares de acumulação de água e aparecimento de corrosão</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Instalação de um sistema de drenagem por sucussão (Figura 4.19), caso não seja possível, criar um perímetro sem substrato por forma a diminuir a possibilidade de entupimento por parte de folhas, terra ou qualquer tipo de material que possa impedir o correto escoamento. Deverá ser utilizado um ralo de pinha;</li> <li>➤ Todos os elementos metálicos usados em obra têm o devido tratamento à corrosão (Figura 4.20).</li> </ul>   <p>Figura 4.19 – Ralo do sistema de drenagem por sucussão</p> <p>Figura 4.20- Perfil metálico para criar o bordo de segurança</p>

Tabela 4.3 - Anomalias e prevenção em coberturas verdes na camada drenante, camada filtrante e substrato

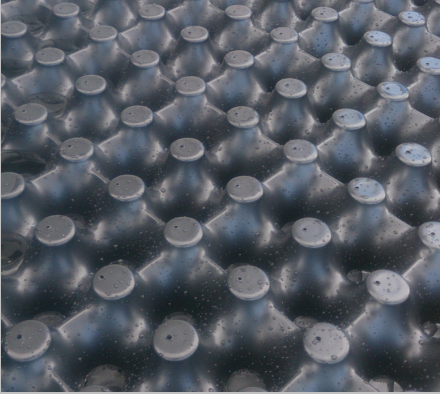


Anomalias	Prevenção e imagens ilustrativas
<p><b>Entupimento da camada drenante</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Colocar solo preferencial não argiloso;</li> <li>➤ Verificar a boa colocação da camada filtrante e respetivo dimensionamento;</li> <li>➤ Utilizar preferencialmente uma camada de vasos comunicantes (Figura 4.21).</li> </ul>  <p>Figura 4.21 – Manta Drenante</p>
<p><b>Preenchimento dos poros da camada filtrante</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não recorrer a solos naturais que tenham como constituintes calcário e/ou argila.</li> </ul>
<p><b>Camada filtrante Rasgada</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nas zonas de arestas vivas (principal causa), deverá ser deixada uma folga por forma a quando da colocação do solo este não exercer demasiada pressão sob a camada e por consequente o rasgamento (Figura 4.22).</li> </ul>  <p>Figura 4.22 – Perímetro de segurança em arestas da cobertura</p>
<p><b>Alagamento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilização de pendentes superiores à mínima recomendada, superior a 2%;</li> <li>➤ Sistema de drenagem limpo e em pleno funcionamento, se possível usar sistemas de sucção (Figura 4.23);</li> <li>➤ Aumento dos pontos de escoamento.</li> </ul>  <p>Figura 4.23 – Sistema de drenagem (Pluvia System)</p>



Tabela 4.4 - Anomalias e prevenção em coberturas verdes na camada drenante, camada filtrante e substrato.

Anomalias	Prevenção e imagens ilustrativas
<p><b>Deslizamento e erosão</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Em pendentes excessivas (<math>&gt;15^\circ</math>) é aconselhável a utilização de material de compartimentação do terreno ou alteração da arquitetura inicial da cobertura verde.</li> <li>➤ Deverá ser criado um perímetro ao longo de toda a cobertura por forma diminuir a ação do vento em ponto isolados, bem como salvaguardar o utilizador caso ocorra algum deslizamento (Figura 4.25);</li> </ul>  <p>Figura 4.24 – Colocação do substrato</p>  <p>Figura 4.25- Início da colocação das plantas, verificação dos taludes e perímetro de segurança</p>
<p><b>Contração/retração/abertura de fenda</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Criação de um sistema de rega automática, sendo preferencial a utilização do sistema de rega gota-a-gota (Figura 4.26);</li> <li>➤ Regularização dos períodos de rega consoante o ambiente exterior.</li> </ul>  <p>Figura 4.26- Sistema de rega gota-a-gota</p>

### 4.2.3 Alterações

Ao longo da construção da cobertura foram realizadas algumas alterações, essencialmente, a empresa instaladora da cobertura verde. A empresa de fiscalização realizou um estudo do mercado por forma a garantir uma melhor proposta para o dono de obra, como tal, foi realizado um relatório comparativo entre os produtos da empresa inicialmente escolhida e a empresa alternativa, como é exposto na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Comparação da entre os produtos definidos em projeto e a solução alternativa (VhM, 2016)

Componentes	Solução definida em Projeto	Solução alternativa	Observações/ Comparação
Camada de Impermeabilização	POPLYPLAS 30 + POLYXIS R50	POPLYPLAS 30 + POLYXIS R50	Não existe alteração do produto (empresa produtora Imperialum)
Isolamento Térmico	ROOFMATE DOW	ROOFMATE DOW	Não existe alteração do produto
Camada de Separação	TGV 21	VTL 100	O produto da empresa alternativa apresentou uma maior resistência à tração, sendo as restantes características equivalentes
Camada drenante	FLORADRAIN FD 40 E	DIADRAIN 60	O produto alternativo apresentou uma maior capacidade drenante e maior capacidade de retenção de água face ao inicialmente proposto em projeto.
Modelação do terreno	Terracell 350/100 + Brita	Composto Substrato	O produto “composto substrato” tem um menor peso e como tal é uma solução mais vantajosa. No entanto como já tinha sido definido na solução do Projectista o uso de manta alveolar preenchida com argila expandida qualquer uma das soluções reúne as condições de aceitação.
Camada Filtrante	TG	VLF 200	O produto VLF 200 apresentou maior permeabilidade em comparação com o inicialmente proposto
Terra com Composto	Fabricado com base em componente de base mineral	Mistura composta de areia, argila, matéria orgânica com baixa biodegradabilidade e minerais grossos	A composição do substrato é semelhante
Plantação	Definida no Projeto de Paisagismo	Definida no Projeto de Paisagismo	Não tem influência para avaliação das soluções pois depende do projeto de paisagismo.

A fiscalização apresentou, também nesse relatório, diversos requisitos/certificações e garantias que os diferentes construtores garantiam. Deste modo, tiveram como critérios os seguintes:

- 1) Cumprimento das Normativas referidas no guia técnico FLL;
- 2) Certificação ETA;
- 3) Sistema proposto para o BST (Banco Santander Totta) certificado por uma ETA ou EOTA;
- 4) Marcação CE para todos os componentes propostos para o BST;
- 5) Cumprimento das orientações prescritas no guia técnico NTJ 11C;
- 6) Garantia apresentada para a obra BST.

Face a estes requisitos, a empresa produtora definida em projeto cumpriu a alínea 1), 2) e 5), e não cumpriu as alíneas 3) e 4), apresentando uma garantia de 10 anos para a obra em causa. O não cumprimento da alínea 4) deve-se ao facto do componente “Filtro TGV 21” não possuir certificação CE. A empresa alternativa apresentou o cumprimento das alíneas 1), 4) e 5) e o não cumprimento da alínea 2) e 3), no entanto, a alínea 2) foi submetida à certificação e a empresa aguarda pela resposta das entidades competentes. Esta mesma empresa apresentou uma garantia de 15 anos para o tipo de cobertura presente na obra.

Realizando uma análise utilizando os critérios de análise de mercado realizado no capítulo 3, verifica-se que a camada de impermeabilização foi analisada, onde o produto POPLYPLAS 30 não obteve a classificação de aplicável, mas a POLYXIS R50 obteve a classificação de aplicável.

Relativamente à camada drenante, o material FLORADRAIN FD 40 E verifica o requisito de espessura e de resistência à compressão e o material DIADRAIN 60 verifica três (DIN EN ISO 25619, espessura e resistência à compressão) dos requisitos que foram realizados como critérios de avaliação. Ambos os produtos obtiveram a classificação de aplicável. Nesta situação dever-se-á optar pelo produto que verifica mais requisitos.

A camada filtrante o material TG verifica os três requisitos proposto na análise da camada filtrante. VLF 200 verifica de igual modo os três requisitos, no entanto ambos os produtos não verificam a “DIN EN 12225”.

Deste modo permite verificar que a solução alternativa tem mais vantagens face à solução inicial.

#### **4.2.4 Sistemas adicionais**

Um dos sistemas adicionais à obra é referente ao reaproveitamento de água. No piso -5 do Corpo B encontram-se dois reservatórios que perfazem um total de 35 m<sup>3</sup>, estes são abastecidos por águas pluviais assim como por águas cinzentas provenientes dos duches e dos lavatórios do ginásio, localizado no piso -2.

As águas pluviais após serem recolhidas e terem passado por um tratamento inicial (passagem através de um filtro) são reunidas e encaminhadas para um reservatório de água reutilizável. Em relação às águas cinzentas o processo é diferente. A rede de drenagem das águas cinzentas tem como destino a estação de reciclagem (Etar – Ecodepur BIOX VT 10), apresentado na Tabela 4.6 e após a recolha e o tratamento da mesma, é encaminhada para o depósito de água reutilizável (Figura 4.27,



Figura 4.28). A água presente no último depósito tem como destino o sistema de rega, sistema de autoclismo, urinóis e torneiras de lavagem presentes na sala dos lixos e na garagem.

A água reutilizável acumulada no depósito está sujeita a um processo de recirculação, filtração e desinfecção. É de igual modo importante salientar que todos os pontos de água provenientes desta rede de distribuição de água não servem para abastecimento de água potável. Em caso de falha do sistema ou caso se atinja os níveis mínimos do reservatório, está previsto um ramal de ligação de água fria proveniente da rede pública.

Na Figura 4.29 é apresentado (parcialmente) a rede reutilização de água.

Tabela 4.6- ETAR Ecodepur BIOX VT 10, principais características (ECODEPUR, 2015)

		<p>Característica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Volume: 10.000l ou 10.000 m<sup>3</sup>;</li> <li>-Dimensões (LxIxH): 2,190x3,440x2,265 (m);</li> <li>-Facilidade e flexibilidade de instalação (reduzindo a intervenção humana);</li> <li>-Ausência de ruído e odores;</li> <li>-Filtro biológico de alto rendimento;</li> <li>-Utilização de um hidráulico sanitário.</li> </ul>
<p>Figura 4.27- Estação de tratamento de águas cinzas (W34).</p>	<p>Figura 4.28- Perfil da seção BIOX VT (W35)</p>	

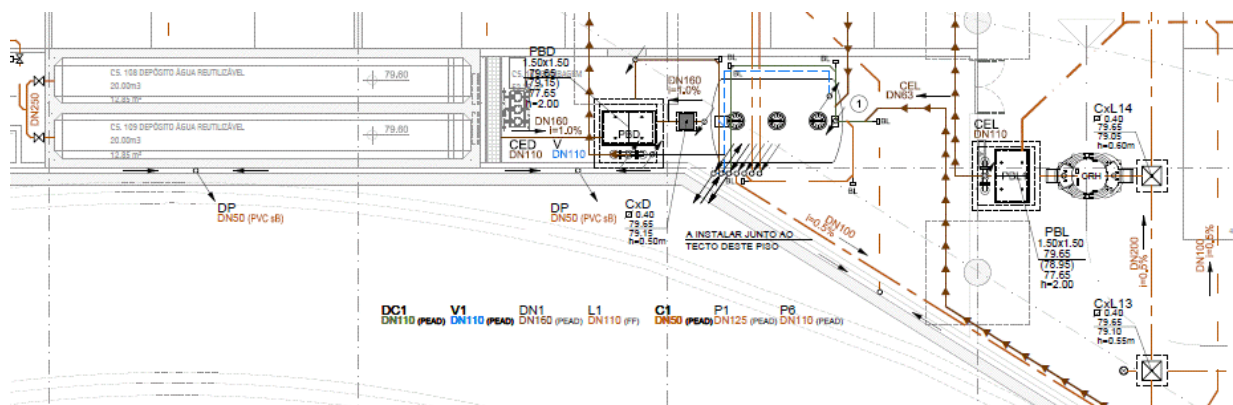


Figura 4.29- Rede de tramento de águas cinzas

### 4.3 Manutenção e garantias

A manutenção das zonas verdes engloba os seguintes parâmetros: limpeza, rega das zonas ajardinadas, fertilizações (prados e relvados, árvores, arbustos e herbáceas), limpeza de zonas arborizadas, monda e a poda (PROAP b), 2014).O empreiteiro deverá regularmente retirar o lixo acumulado em todas as zonas de cobertura verde. A rega deverá ser executada sempre que o grau de humidade do solo não seja o suficiente para assegurar uma qualidade de vida às plantas existente, e desta forma restringir o seu bom desenvolvimento (PROAP b), 2014).

A fertilização de prados e relvados deverá ser executada duas vezes ao ano, respetivamente no início da Primavera e no início do Outono, utilizando um adubo composto com uma razão de 50g/m<sup>2</sup>. As árvores deverão ter dois períodos de fertilização, uma primeira utilizando adubo de composto orgânico em Fevereiro e uma segunda utilizando adubos químicos após dois meses da primeira adubagem. Em relação aos arbustos e herbáceas deverão ter de igual forma dois períodos de fertilização. À semelhança, os prados e relvados, deverão ser executados no início da Primavera e Outono. Sempre que se realize a monda e a sacha do terreno, deverá ser incorporado adubo superficialmente seguido de uma rega (PROAP b), 2014).

A limpeza das zonas arborizadas deverá ser realizada duas vezes ao ano, Primavera e Outono, assim como a monda. A poda apenas poderá ser realizada de acordo com a fiscalização, exceto se os ramos ameacem desequilibrar o normal desenvolvimento da planta, para limpeza de ramos secos ou doentes ou com crescimentos anormais (PROAP b), 2014).

Referente à garantia aprovada todos os trabalhos de construção civil têm uma garantia de 5 anos (PROAP b), 2014)

O dono de obra teve como principal exigência a garantia dos diversos materiais presentes na cobertura. Assim sendo a empresa VhM realizou diversas análises por forma a concretizar os diversos requisitos pretendidos pelo dono de obra, tal como é apresentado na Tabela 4.5.

A cobertura verde tem uma garantia de 15 anos e é assegurada pela empresa Ferrovia. As árvores instaladas ao longo de todos os edifícios têm uma garantia de 3 anos, sendo que as restantes plantas presentes nas zonas verdes apenas têm 1 ano de garantia (PROAP b), 2014).

Após a receção provisória, o empreiteiro comprometeu-se a proceder a todos os trabalhos de manutenção prescritos no Manual de Manutenção. Estes trabalhos incluem tarefas como retanchar (replantação/substituição de árvores ou plantas), cortes, monas, fertilizações, tutoragem e todos os trabalhos que possam surgir referentes à boa conservação de todas as plantas e revestimentos vegetais presentes na cobertura. Garante também a manutenção e reparação de obras de construção civil. Caso rejeite algum destes tipos de trabalho, a fiscalização poderá aplicar uma penalidade a determinar pela mesma (PROAP b), 2014).

Após o término da garantia, caso as zonas relvadas ultrapassem uma área superior a 0,02m<sup>2</sup>, o empreiteiro deverá recolocar um tapete relva nas zonas em questão (PROAP b), 2014).

#### **4.4 Conclusões do capítulo**

A realização da obra de "Expansão do Centro Santander Totta" permitiu analisar e verificar vários critérios expostos nos capítulos anteriores, 2 e 3, tais como, necessidade da certificação dos produtos através das normas prescritas no guia técnico FLL ou na norma NTJ 11C. Sendo esta uma obra recente aquando da realização da dissertação, foi possível verificar o cuidado constante para prevenir a produção de anomalias. O edifício de "Expansão do Centro Santander Totta" é uma obra de uma dimensão considerável, e com uma área bastante elevada, no entanto, o custo relativo à cobertura verde é cerca de 1% do total da obra.

Outro fator que se pode verificar, foi o facto da disponibilidade de produtos existentes no mercado e a necessidade de garantia do sistema. Neste sentido, a empresa de fiscalização realizou um estudo

sobre o mesmo e verificou que um dos elementos da cobertura proposta, no projeto, não verificava a certificação “CE”. Realizou-se um estudo do mercado, por forma a ser possível encontrar a melhor proposta para o dono de obra, bem como a garantia exigida pelo mesmo. Nesse mesmo relatório verificou-se que garantia da empresa instaladora será de 15 anos.

A nível de garantia dos elementos adjacentes à cobertura, como plantas ou árvores, foi possível verificar que a garantia é de 1 ano e de 3 respetivamente, sendo a manutenção das zonas verdes a cargo do empreiteiro.



## 5 Conclusão

Com a realização desta dissertação, pretendeu-se analisar os produtos existentes no mercado face às normas internacionais e aos guias técnicos presentes na atualidade.

Para tal foi efetuado um enquadramento teórico sobre o desenvolvimento das coberturas verdes, e a identificação do primeiro guia técnico sobre coberturas verdes. Pode-se verificar que o primeiro guia técnico foi realizado em 1989 e foi criado com base num método experimental. Descreveu-se as tipologias mais usuais na atualidade, quais os benefícios e desvantagens do emprego das coberturas verdes num edifício e cidade. Através da tabela comparativa, presente no capítulo, é fácil de apurar que as vantagens ecológicas e económicas (a longo prazo) são superiores às desvantagens.

Diversos países e cidades criaram sistemas de incentivo ou de obrigatoriedade por forma a aumentar a construção das coberturas verdes. Alguns destes países ou cidades tinham como intenção mitigar alguns problemas ambientais ou melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. É possível observar-se que não existe qualquer incentivo ou obrigatoriedade em Portugal. Foi realizada uma análise das diversas camadas onde posteriormente foi realizado uma análise baseada nos critérios de pré-dimensionamento e pode-se constatar que existe uma falta de dados sobre a cobertura do tipo semi-intensiva e que as diversas normas e guias técnicos têm dimensionamentos e pré-requisitos semelhantes.

Pode-se também verificar que os países mais desenvolvidos do mundo são aqueles que criam incentivos ou obrigatoriedades para a construção de coberturas verdes.

Através da análise de mercado foi possível concluir-se que o mercado mais expansivo, no emprego deste método construtivo, localiza-se essencialmente no Norte da Europa, onde as empresas tendem a cumprir o principal guia técnico, FLL. Observou-se também que apesar de existirem outras normas internacionais e guias técnicos de avaliação de materiais e de boa execução em obra, todas elas são baseadas no primeiro guia técnico internacional existente, e que a nível de certificação de materiais para coberturas verdes, este prevalece em relação a todas as certificações produzidas pelos outros documentos técnicos. Verifica-se que os novos materiais introduzidos no mercado (camada drenante), não são produtos com verificações próprias, mas sim adaptadas à camada, ou seja, o produto até à introdução deste era o geotêxtil e por isso o novo material tem como análise critérios avaliativos do geotêxtil, o que não é mais indicado.

Permite concluir que as camadas analisadas, apenas a camada de impermeabilização vai de encontro, na maioria dos produtos, com as normativas prescritas nos guias técnicos. A camada de impermeabilização demonstra um elevado nível de preocupação aquando da sua seleção bem como aquando da sua instalação. Em relação às outras camadas, não se obtém o melhor resultado face às normativas prescritas nos guias técnicos, o que leva a concluir que deveria existir uma maior atenção aquando da escolha destes elementos, e deveria existir no mercado atual uma maior oferta, essencialmente em relação à camada filtrante. Os produtos analisados para a função de camada filtrante não verificaram a normativa “DIN EN 12225”, revelando assim que nenhum dos produtos cumpre totalmente os requisitos prescritos no guia técnico FLL.

A realização da dissertação permite também verificar que existem diversos sistemas construtivos, no entanto, o método mais utilizado é o sistema multicamada. Apesar de existirem

produtos certificados como um grupo (kits), estes não produzem uma grande vantagem face à qualidade do sistema, pois apenas contemplam algumas camadas do sistema. Deste modo existe uma camada que será independente do sistema o que poderá originar de igual modo incompatibilidade entre os materiais.

Outro aspeto que se se pode concluir é a possibilidade de acomodar sistemas de poupança de energia, tal como sucede, no caso de estudo. No entanto ainda não foi feito até ao momento, nenhum tipo de análise referente à poupança de água proveniente do sistema de reaproveitamento. No caso de estudo foi possível verificar que nem todos os produtos verificam os requisitos, neste caso, a marcação CE.

Uma das limitações encontradas é a inexistência de certificações nacionais para os produtos internos e a falta de incentivos ou obrigatoriedade da sua implementação. Outro aspeto relevante de salientar é a falta de informação existente em relação a este sistema, essencialmente para o utilizador e construtor.

Por estes motivos, entende-se que futuramente deverão ser elaborados estudos no âmbito desta área por forma a possibilitar a criação de uma certificação nacional, bem como a criação de guias técnicos, a análise do sistema de aproveitamento de águas cinzentas instalado no caso de estudo e o acompanhamento da sua manutenção. Seria de igual modo útil analisar os “kits” face às diferentes camadas de impermeabilização, analisar e comparar a utilização do novo produto (camada drenante) com o material granular.

## Referências Bibliográficas

- Achnitz, W. (29 de Maio de 2014). *Powerhouse Growers*. Obtido em Setembro de 2015, de [powerhousegrowers: http://www.powerhousegrowers.com/7-types-incentives-for-green-roofs/](http://www.powerhousegrowers.com/7-types-incentives-for-green-roofs/)
- AENOR. (2014). *aenor*. Obtido em Abril de 2016, de [aenor.es: http://www.aenor.es/aenor/normas/iso/buscadoriso.asp?modob=S#.V8WRkWX5RTY](http://www.aenor.es/aenor/normas/iso/buscadoriso.asp?modob=S#.V8WRkWX5RTY)
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2015). *apambiente.pt*. Obtido em Setembro de 2016, de <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=500>
- Alwitra. (s.d.). *alwitra.de*. Obtido em Abril de 2016, de <https://alwitra.de/en/>
- Banco Santander Totta. (Fevereiro de 2015). *crescermais.rocks*. Obtido em Setembro de 2016, de <http://crescermais.rocks/um-edificio-top-down/>
- Banting, D., Doshi, H., Li, J., Missios, P., Au, A., Currie, B., & Verrati, M. (2005). *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto*. Ryerson University, Dept. of Architectural Science, Ontario.
- Barrett Roofs. (s.d.). *barrettroofs.com*. Obtido em Abril de 2016, de <http://www.barrettroofs.com>
- Baykal, A. (2012). Green Roofs Copenhagen. *The Technical and Environmental Administration in City of Copenhagen*. Dorthe Rømø.
- Berghage, R., Beattie, D., Thuring, C., & Rzaci, F. (2009). *Green Roofs for Stormwater Runoff Control*. Environmental Protection Agency.
- Beuth. (2010). *Beuth Verlag GmbH*. Obtido em Julho de 2016, de <https://www.beuth.de/en/standard/din-18531-2/125519248>
- Beuth. (2014). *Beuth Verlag GmbH*. Obtido em Agosto de 2016, de <https://www.beuth.de/en>
- Borga, P. N. (Janeiro de 2012). Análise Exigencial dos Green Roofs- Estudo de Casos.
- City of Sidney. (s.d.). *cityofsydney.nsw.gov.au*. Obtido em Setembro de 2016, de <http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/vision/towards-2030/sustainability/greening-the-city/green-roofs-and-walls>
- Coelho, A. L. (Outubro de 2014). Manutenção de coberturas verdes. *Dissertação de Mestrado*.
- Costa, L. M. (2010). Espaços Verdes Sobre Coberturas. *Uma Abordagem Estética e Ética*. Lisboa.
- Currie, B. A., & Bass, B. (Abril de 2010). Using Green Roofs to Enhance Biodiversity in the City of Toronto.
- Danosa. (s.d.). *portal.danosa.com*. Obtido em Abril de 2016, de <http://portal.danosa.com/danosa/CMSServlet?cmd=volverHome&lng=4&site=3>
- DIBt (b). (2013). European Technical Approval ETA-13/0557.
- DIBt. (2013). European Technical Approval ETA-13/0534. *Naturdach*.
- Dvorak, B. D. (Maio de 2011). Comparative Analysis of Green Roof Guidelines and Standards In Europe and North America. *Journal of Green Building*.
- ECODEPUR. (2015). Reciclador de águas cinzentas. *ECODEPUR BIOX*.
- Embrapa. (s.d.). Beneficiamento da Casca de Coco Verde.
- European Committee for Standardization. (Maio de 1996). Geotextiles- Wide- width tensile test.
- Fibertex. (2015). *fibertex.com*. Obtido em Março de 2016, de <http://www.fibertex.com/de-DE/BA/Geotextilien/Anwendungen/Pages/GRK-Klassen.aspx>

Firestone. (s.d.). *firestonebpe.com*. Obtido em Abril de 2016, de <http://www.firestonebpe.com>

Fischer, M. M. (Janeiro de 2012). *Evaluation of Growing Media For Annual Herb Production in Green Roof Modular Trays*. Illinois.

FLL. (2008). *FLL- Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofing* (Edition 2008 ed.).

Geografia7. (s.d.). *geografia7.com*. Obtido em Setembro de 2016

Ginga, D. A. (2008). *Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço (materiais, sistemas e anomalias)*.

Green Roof Technology. (s.d.). *greenrooftechonology.com*. Obtido em Setembro de 2016, de <http://www.greenrooftechonology.com/advantages-of-green-roofs>

Green Roofs for Healthy Cities. (s.d.). *greenroofs.org*. Obtido em Setembro de 2016, de <http://greenroofs.org/index.php/about/greenroofbenefits>

GRO. (25 de Setembro de 2014). *The GRO Green Roof Code. Green Roof Code of Best Practice for the UK 2014*. James Wilson Design.

Growing Green Guide. (2016). *growinggreenguide*. Obtido em Abril de 2016, de <http://www.growinggreenguide.org/technical-guide/design-and-planning/site-analysis/weight-loading/>

Horton, R. P. (2013). *Modular Compact Green Roof System*.

Hui, S. C. (2011). *Technical Guidelines for Green Roofs Systems in Hong Kong*.

IGRA. (2013). *Green Roof News*. Nuertigen, Alemanha: Wolfgang Ansel, Sabine Früh.

IGRA, IFLA & Enviromental Services City of Portland. (s.d.). *www.igra-world.com*. Obtido em Setembro de 2016, de [http://www.igra-world.com/images/city\\_network/IGRN-Case-Study-Singapore-IGRA.pdf](http://www.igra-world.com/images/city_network/IGRN-Case-Study-Singapore-IGRA.pdf)

Imperialum. (s.d.). *Coberturas Verdes*.

Institut für Gartenbau, H. W.-T. (2012). *Determination of resistance to root damage to flexible sheets and coatings for roof planting according FLL*.

ISO. (2005). *iso.org*. Obtido em Agosto de 2016, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13428:ed-1:v1:en>

ISO. (2010). *iso.org*. Obtido em Agosto de 2016, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:12958:ed-2:v1:en>

Lopes, J. G. (Dezembro de 2004). *As especificidades das coberturas ajardinadas*. (LNEC, Ed., & Grandão, Trad.) Porto.

Magill, J. (Abril de 2011). *A History and Definition of Green Roof Techonology with Recommendations for Future Research. Research Paper*. Southern Illinois.

Miller, C. (2012). *roofmeadow*. Obtido em Setembro de 2016, de <http://www.roofmeadow.com/contact-us/ask-charlie/design-questions/>

National Park Service. (s.d.). *nps.gov*. Obtido em Setembro de 2016, de <https://www.nps.gov/tps/sustainability/new-technology/green-roofs/benefits.htm>

National Parks Board. (2016). *nparks.gov.sg*. Obtido em Abril de 2016, de <http://www.nparks.gov.sg/skyrisegreenery/incentive-scheme>



NTJ 11C. (2012). *Ajardinamentos especiais- Cubiertas verdes. Normas tecnológicas de jardinería y paisajismo*. Barcelona: 1ª edição Janeiro 2012.

Peck, S., & Callaghan, C. (1999). *Status Report on Benefits, Barriers and Opportunities for Green Roof and Vertical Garden Technology Diffusion*. Canada Mortgage and Housing Corporation.

Peck, S., & Kuhn, M. (s.d.). Design Guidelines For Green Roofs.

POLIBAGTCL. (2014). *polibag.pt*. Obtido em Agosto de 2016, de <http://www.polibag.pt/en/content/nonwoven-fabric-tnt>

PROAP. (29 de Abril de 2014). Memória descritiva e justificativa. Lisboa.

PROAP b). (29 de Abril de 2014). Condições Técnicas Especiais de Caderno de Encargos.

Proefrock, P. (2010). *Inhabitat*. Obtido em Outubro de 2015, de [Inhabitat.com:](http://inhabitat.com/copenhagen-adopts-a-mandatory-green-roof-policy/)

prof2000. (s.d.). *prof2000.pt*. Obtido em Setembro de 2016, de <http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/geo7/clima/climas.htm>

Raposo, F. M. (Novembro de 2013). Manual de boas praticas de Coberturas Verdes.

Renolit. (s.d.). *renolit.com*. Obtido em Abril de 2016, de <http://www.renolit.com/corporate/en/>

Resitrix. (s.d.). *resitrix.de*. Obtido em Abril de 2016, de <http://www.resitrix.de/en/index.php>

Rollins, A., & Robilotti, J. (2011). Various Types of Green Roof Systems Come Together at NYC's 5-Boro Complex.

Rossi, L. (s.d.). *SuaPesquisa.com*. Obtido em Junho de 2015, de <http://www.suapesquisa.com/pesquisa/babilonia.htm>

Salter, A. (s.d.). *ehow.org*. Obtido em Setembro de 2016, de [http://www.ehow.com/list\\_6747375\\_disadvantages-green-roofs.html](http://www.ehow.com/list_6747375_disadvantages-green-roofs.html)

Seaverson, E. J. (2010). *facilitiesnet.com*. Obtido de <http://www.facilitiesnet.com/roofing/article/Vegetative-Roofs-A-Look-at-the-Disadvantages-Facility-Management-Roofing-Feature--11426>

Sedório, P., & Paulo, P. V. (s.d.). *Coberturas em Terraço*. Obtido em Setembro de 2016, de [civil.ist.utl.pt: http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/tc-cor/20%20Coberturas%20em%20Terraço%20-%20COR.pdf](http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/tc-cor/20%20Coberturas%20em%20Terraço%20-%20COR.pdf)

Shepard, N. (2010). Green Roof Incentives: A 2010 Resource Guide.

Sika Group. (s.d.). *sika.com*. Obtido em Abril de 2016, de <http://www.sika.com>

Silva, J. R. (2012). Coberturas e Fachadas Verdes .

Snodgrass, E. C., & McIntyre, L. (2010). *The Green Roof Manual :a professional guide to design, installation, and maintenance*. Portland & London: Timber Press, Inc.

Sotecnisol. (s.d.). *sotecnisol.pt*. Obtido em Abril de 2016, de <http://www.sotecnisol.pt/materiais/>

Texsa. (s.d.). *texsa.pt*. Obtido em Abril de 2016, de <http://www.texsa.pt/pt/productos.htm>

Tolderlund, L. (Novembro de 2010). *Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West*. Obtido em Maio de 2016, de [epa.gov:](https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/GreenRoofsSemiAridAridWest.pdf)

Toronto Building. (s.d.). Toronto Green Roof Construction Standard. *Supplementary Guidelines*.

Toronto Municipal . (2013). Green Roofs.

UNEP. (Junho de 1972). *United Nations Environment Programme*. Obtido em Setembro de 2016, de [unep.org](http://www.unep.org):  
<http://www.unep.org/documents.multilingual/default.asp?documentid=97&articleid=1503>

United Nations. (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*.

Velazquez, L. S. (2003). Modular Greenroof Technology: An Overview of Two Systems. *Frist Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference*. Chicago.

VhM. (2016). *Relatório de Análise Proposta de Alteração, Coberturas Ajardinadas*.

Waldbaum, H. (s.d.). Comparison Between the Geman (FLL), Austrian and Swiss Green Roof Directives/ Guidelines.

Yang, J., Yu, Q., & Gong, P. (2008). Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Elsevier*.

Zinco. (2015). *Product List 2015*. Nuertingen, Alemanha.

Zinco. (s.d.). *ZinCO GmbH*. Obtido em Setembro de 2015, de [zinco.pt](http://www.zinco.pt):  
[http://www.zinco.pt/downloads/guias/Sistemas\\_coberturas%20ecologicas.pdf](http://www.zinco.pt/downloads/guias/Sistemas_coberturas%20ecologicas.pdf)

## Referências web gráficas

[W1] – Obtido em Agosto de 2015: <http://evangelicosnews.com.br/wp-content/uploads/2015/03/novela-Babilonia-2.jpg>

[W2] – Obtido em Agosto de 2015: <http://www.treehugger.com/slideshows/green-architecture/8-icelandic-turf-houses-old-school-green-Viking-twist/>

[W3] – Obtido em Agosto de 2015: <https://hav120151.wordpress.com/2015/11/27/babilonia-uma-civilizacao-contemporanea-no-passado-2/>

[W4] – Obtido em Agosto de 2015: <https://idademedia.files.wordpress.com/2011/07/capelamedievalengroenlandia252creonstrucci25c325b3nprimeraiglesiacristiana.jpg>

[W5] – Obtido em Agosto de 2015: <http://terpconnect.umd.edu/~bborcher/about.html>

[W6] – Obtido em Setembro de 2015: w6- <http://img.historiadigital.org/2014/02/Atividade-Mapa-Mundo.jpg>

[W7] – Obtido em Março de 2016: <http://www.todoestudo.com.br/geografia/clima-temperado>

[W8] – Obtido em Março de 2016: <https://fadingamericans.files.wordpress.com/2011/05/karnerbluebutterfly.jpg>

[W9] – Obtido em Maio de 2016: <http://sealeco.com/products-and-solutions/flat-roofing-systems/greengrid-roofing/#prettyPhoto>

[W10] – Obtido em Julho de 2016: <http://www.vegetalid.com/solutions/green-roofs/the-all-in-one-system-hydropack/features.html>

[W11] – Obtido em Julho 2016: <http://www.technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=720>

[W12] – Obtido em Julho de 2016: <http://www.urbangardensweb.com/wp-content/uploads/2013/01/pocket-habitat-britishland-september-flowering1.jpg>

[W13] – Obtido em Setembro de 2015: <http://construindodecor.com.br/telhado-verde/>

[W14] – Obtido em Abril de 2016: [http://www.invisiblestructures.com/draincore2\\_sports/](http://www.invisiblestructures.com/draincore2_sports/)

[W15] – Obtido em Abril de 2016: <http://www.angelroofing.org/green-roofing-systems-surreyeco-friendly-roofingliving-roofs-surrey/>

[W16] – Obtido em Setembro de 2015: <http://www.domissima.gr/en/solution/green-roof-construction/>

[W17] – Obtido em Agosto de 2016: <http://liverooftexas.com/texas-green-roof-soil/>

[W18] – Obtido em Agosto de 2016: <http://www.fernwoodnz.com/tree-fern-orchid-products>

[W19] – Obtido em Agosto de 2016: <http://www.lindumgreenroofs.co.uk/designing-and-specifying/lindum-green-roof-package/green-roof-vegetation-mats/>

[W20] – Obtido em Julho de 2016:  
[http://www.wekadaksystemen.nl/Alwitra\\_EVALON\\_VSK\\_engl\\_WEB.pdf](http://www.wekadaksystemen.nl/Alwitra_EVALON_VSK_engl_WEB.pdf)

[W21] – Obtido em Julho de 2016: <http://www.barrettroofs.com/products/Ram250/index.html>

[W22] – Obtido em Julho de 2016:  
<http://portal.danosa.com/danosa/CMSServlet?node=141902&lng=4&site=3>

[W23] – Obtido em Julho de 2016:  
<http://portal.danosa.com/danosa/CMSServlet?node=141131&lng=4&site>

[W24] – Obtido em Julho de 2016: <http://danosa.fr/danosa/CMSServlet?node=314051&lng=1&site=1>

[W25] – Obtido em Julho de 2016 : <http://portal.danosa.com/danosa/CMSServlet?node=314076>

[W26] – Obtido em Julho de 2016:  
<http://portal.danosa.com/danosa/CMSServlet?node=710955&lng=1&site=1>

[W27] – Obtido em Julho de 2016: <https://www.isola.com/assets/England/Brochure/PlatonDE25UK.pdf>

[W28] – Obtido em Julho de 2016: <http://www.stylepark.com/en/muehlmeier/glass-fibre-non-woven>

[W29] – Obtido em Julho de 2016: [http://www.texsa.es/es/pl39/productos/id148/texxam-1000.htm?fcab\\_39=56](http://www.texsa.es/es/pl39/productos/id148/texxam-1000.htm?fcab_39=56)

[W30] – Obtido em Julho de 2016: <http://www.optigreen.co.uk/products/drainage-boards/product-details/>

[W31] – Obtido em Julho de 2016:  
[http://www.optigreen.com/fileadmin/contents/cad\\_ausland/1\\_SystemL\\_O\\_Aus/1.050-Naturdach\\_Loesung\\_1/1.050\\_EN\\_Nature\\_Roof\\_Solution\\_1\\_rev3\\_2014-07-28.pdf](http://www.optigreen.com/fileadmin/contents/cad_ausland/1_SystemL_O_Aus/1.050-Naturdach_Loesung_1/1.050_EN_Nature_Roof_Solution_1_rev3_2014-07-28.pdf)

[W32] – Obtido em Julho de 2016:  
[http://www.optigreen.com/fileadmin/contents/cad\\_ausland/1\\_SystemL\\_O\\_Aus/1.005\\_O\\_Spardach\\_Loesung\\_1\\_mit\\_FKD\\_25/1.005\\_EN\\_Economy\\_Roof\\_Solution\\_1\\_rev2\\_2014-07-28.pdf](http://www.optigreen.com/fileadmin/contents/cad_ausland/1_SystemL_O_Aus/1.005_O_Spardach_Loesung_1_mit_FKD_25/1.005_EN_Economy_Roof_Solution_1_rev2_2014-07-28.pdf)

[W33] – Obtido em Agosto de 2016: <https://www.google.pt/maps>

[W34] – Obtido em Agosto de 2016: <http://www.ecodepur.pt/pt/214/reciclador-de-aguas-cinzentas-ecodepurreg-biox>

[W35] – Obtido em Agosto de 2016: <http://www.ecodepur.pt>